TURING 图灵新知

[西] 索尼娅·费尔南德斯·比达尔
[西] 弗兰塞斯克·米拉列斯 著
王晋炜 译



邀你共进量子早餐

Desayuno con partículas

跟随量子仙女穿越时空
目睹量子学派华山论剑

中国工信出版集团 人民邮电出版社 POSTS & TELECOM PRESS

[西] **索尼娅·费尔南德斯·比达尔**

（Sonia Fernández-Vidal）

1978年生于巴塞罗那，巴塞罗那自治大学量子光学博士，曾在欧洲核子研究组织、美国洛斯阿拉莫斯国家实验室、西班牙光子科学研究所等世界级的重要研究机构工作。她将科学研究与钟爱的教学事业相结合，作为作家、科普专家，以有趣、通俗地传播科学知识为己任。其另两部青少年小说 *Quantic Love* 和 *La puerta de los tres cerrojos* 广受好评，后者已被翻译为11种语言。

[西] **弗兰塞斯克·米拉列斯**

（Francesc Miralles）

1968年生于巴塞罗那，作家、翻译、作曲家，《国家报周刊》《健康心理学》等杂志撰稿人。与亚历克斯·罗维拉（Álex Rovira）合著 *El laberinto de la felicidad*、*Un corazón lleno de estrellas*、*El mapa del resoro* 等散文集，其中第一部已被翻译为十余种语言。

王晋炜

北京外国语大学教师。

诌打油诗一首以作自画像是也：

迷茫混迹书生间，始勤终惰更贪眠。
浅陋荒疏无学问，竹帛蒙尘有英年。

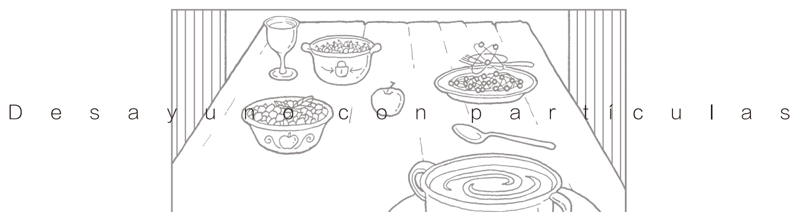
封面插画 | 出壳设计/刘超

choo 封面设计 | 出壳设计 208467533

数字版权声明

TURING 图灵新知

邀你共进量子早餐



Desayuno con partículas

[西] 索尼娅 · 费尔南德斯 · 比达尔 [西] 弗兰塞斯克 · 米拉列斯 著

王晋炜 译

人民邮电出版社

北京

图书在版编目（CIP）数据

邀你共进量子早餐 /（西）索尼娅·费尔南德斯·比达尔，（西）弗兰塞斯克·米拉列斯著；王晋炜译. -- 北京：人民邮电出版社，2019.1
（图灵新知）
ISBN 978-7-115-49903-5

Ⅰ. ①邀… Ⅱ. ①索… ②弗… ③王… Ⅲ. ①量子力学—普及读物 Ⅳ. ①O413.1-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2018）第265519号

内 容 提 要

本书打破了时间与空间的束缚，以生动有趣的语言讲述了量子力学的基本概念以及量子力学发展史。读者将同主人公一起，搭乘时间机器回到现代物理诞生之前的世界，跟随量子仙女的脚步造访薛定谔的猫的故乡，与量子学派的代表人物共进早餐，并光临欧洲核子研究组织了解关于量子技术的新研究，切身感受与日常生活息息相关的量子物理的奇妙之处。

本书适合对量子物理感兴趣的读者阅读，无须过多物理基础。

◆ 著 [西] 索尼娅·费尔南德斯·比达尔
弗兰塞斯克·米拉列斯
译 王晋炜
责任编辑 傅志红
责任印制 周昇亮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 http://www.ptpress.com.cn
北京 印刷

◆ 开本：880×1230 1/32
印张：7.5
字数：174千字 2019年1月第1版
印数：1–3 000册 2019年1月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字：01-2017-7985号

定价：49.00元

读者服务热线：(010) 51095186转600 印装质量热线：(010) 81055316

反盗版热线：(010) 81055315

广告经营许可证：京东工商广登字20170147号

版 权 声 明

译者序

舌尖上的量子

收到这份量子早餐的邀请函时，我犹豫着要不要早起去赴约。中学时代那些复杂的物理概念曾给我留下过心理阴影，因而担心这对文科生恐怕会味同嚼蜡、难以下咽。但最后，还是冒险精神和好奇心占了上风，我决心去品一品这顿量子早餐。

这是一家量子力学的主题餐厅，大门和阿加德米学园十分相似，只是门楣上写的不是“非几何学家不得入内”，而是“要想学习好，量子早餐要吃饱”。餐厅内部装饰考究，大大的背景墙上布满了明暗交替的条纹，据说这就是当年托马斯·杨做双缝实验时使用的大屏幕。仔细聆听，背景音乐播放的正是多维世界中最流行的宇宙交响曲，天籁之音，舒缓而圆润。环顾四周，身边的客人不是在谈论爱因斯坦的奇迹年、普朗克常数，就是在聊海森堡、费曼等科学家的轶事。

入座之后，慢慢翻看菜单，尽管不厚，菜品却丰富多样、营养搭配极为合理。除了常见的原子、质子、中子等传统小吃外，还有中微子、希格斯玻色子、夸克拼盘等稀有菜品。据说，柏拉图、伽利略、历届索尔维会议上的科学家以及很多现代物理学家，都为菜单提出过修改意见。但是，这依然不是最终版本！随着人们的思想

越来越开阔、对宇宙的认知越来越深入、世界观不断革新，菜单也会继续更新。

菜很快就上齐了，量虽不大，每一盘却都极为精致，而且还配有生动有趣、通俗易懂的菜品简介。快来尝尝吧！看似寡淡的宇宙原汤，回味无穷；传说中坚硬无比的量子纠缠理论，清淡爽口；错综复杂的量子密码学，入口即化……丰盛的早餐当然少不了水果，招牌牛顿苹果捞那丰富而特别的口感，立马带你回到大不列颠的古老庄园。就餐过程中还有动物表演为客人助兴，仔细一看，那不是名人宠物马戏团么！薛定谔的猫、史蒂芬的猴子、豪尔赫的大象，都各显绝活，好不热闹。

饱餐一顿之后，请使用最新款的量子计算机给这顿量子早餐留下五星好评：量子早餐，色香味奇。男女老少，四季咸宜。烹饪美味，尽享量子早餐。They do quantic right.

怎么样，量子早餐，了解一下？

感谢出版社和编辑策划的美味早餐；感谢物理学博士后周立新和量子物理爱好者王子刚对量子菜品进行专业点评；感谢所有陪伴我品尝量子早餐的人。

王晋炜

2018 年 6 月 6 日

前言

如果感知之门得以清净，世间万物就会以其原本无尽的姿态呈现在你面前。但人们自己关上了这扇门，直到他通过狭窄的裂缝看到所有一切。

——*The Marriage of Heaven and Hell*，威廉·布莱克

不要被这段文学作品迷惑了，你拿在手中的是一本关于量子物理学的书。

等一下！

别被吓着，继续往下看！

我们邀请你共进一顿量子早餐，你敢来吗？

如果可以鼓起勇气将这本书读下去，你将发现一个美好又充满未知的世界。

无论学历高低，这本书对所有人而言都是通俗易懂的。它将带你遨游神奇的领域，你将经历时间旅行，还会走近欧洲核子研究组织（CERN）。你将加入我们的思考和对话，进入梦想的世界。

前面引用的布莱克的诗为《美丽新世界》的作者奥尔德斯·赫

胥黎带来了很多灵感，他也因此写下了《知觉之门》，而后者又是吉姆·莫里森大门乐队（The Doors）之名的缘由。

再次提醒你，不要害怕！这本书讲的既不是毒品，也不是荒诞怪事——虽然量子力学确实有它离奇的地方。

这顿量子早餐将赋予你力量，去开启这个既平常又神秘更不可思议的世界的大门。准备好接受挑战了吗？

请进！准备开始用餐吧！

目录

第 0 章　狮子懂物理吗……1
量子物理学是什么……2
那么……什么不是量子物理学呢……4
洞和水……5
洞穴的影子……6

第 1 章　暂时的真相……8
返回书写未来的地方……9
古雅典之旅……10
流浪的天文学家……15
历史上最耀眼的科学家……22
机械宇宙……25

第 2 章　人们为何拒绝改变？四则寓言和一个偏见……28
消极思维定式……29
创造的瞬间……30
创造新路径……31
第一则寓言：猴子和香蕉……34
第二则寓言：庙里的猫……35
第三则寓言：土拨鼠之日……36

第四则寓言：大象和木桩……37
一个偏见：10 秒大关……39

第 3 章 索尔维会议 29 人……41
俄罗斯套娃中最小的那个……45
上帝不掷骰子……54

第 4 章 皮格马利翁效应……59
波粒二象性……60
光的象形文字……61
实验室中的皮格马利翁效应：取悦观察者……68
期望的力量：你说是就是……69

第 5 章 薛定谔的猫：寻猫一只，既死又活……72
量子仙女：量子世界最好的引路人……73
叠加态原理……76
右边的路……81
左边的路……82
迷宫的中心……86
再进量子早餐……87
硬币与命运……88

第 6 章 真相的影子……90
“量子版”双缝实验……91
现实博物馆……97
真理在深处栖息……98
我们只能看到自己相信的吗……99
瞪眼等锅开，越瞪越不开；换成量子锅，更加烧不开……102
最小努力法则……103

第 7 章　只有量子退相干能拆散我们 …… 105
海森堡赌场：银行总是赢家 …… 107
爱波罗悖论和白手套犯罪 …… 110
梦中惊醒 …… 113

第 8 章　多少个脑袋，多少种思考方式 …… 119
思考帽 …… 129

第 9 章　《星际迷航》的神谕 …… 133
一切梦想皆有可能 …… 134
量子物理虽好，但有什么用呢 …… 136
第二次量子革命 …… 139
克拉克三大定律 …… 144
绘制月球地图的孩子 …… 145
对科幻的憧憬 …… 149

第 10 章　亲爱的夸克，万物之根！ …… 151
世界上最小的动物园 …… 154
愿力与你同行 …… 158
全世界最大的实验室 …… 162
超环面仪器：在绝望中寻找希格斯玻色子 …… 164
目前最大的机器 …… 168

第 11 章　希格斯日：该死的上帝粒子 …… 172
生于 7 月 4 日 …… 174
秘密在于质量 …… 176
希格斯 …… 179
《CERN 文件》：CERN 试图解答的四个伟大问题 …… 182
什么是暗物质 …… 187

第 12 章　宇宙的乐谱 189
天地合一 190
爱因斯坦的梦想 192
自然界的力 194
两个不同的“总是” 195
一支宇宙交响乐 196
比我们能想到的维度还要多 197
量子 Q 时代 199
附录 202
致谢 228

第 0 章

狮子懂物理吗

> 天上地下有很多东西，贺拉斯，其丰富多彩，远超你们的哲学梦想。
>
> ——《哈姆雷特》，莎士比亚

我刚开始在大学物理系学习的时候，在某个早晨听到了一位老师的精彩发言，讲的是理解量子理论的困难所在。

我们都看过《动物世界》这类节目，里面总会有狮子猎捕羚羊的经典一幕。观众们一直捏着一把汗，直到羚羊渐渐和狮子拉开距离，狮子审时度势只能无奈放弃追赶，于是羚羊便得以从血盆大口中逃生。

如果我们细细思考这一场景，就会发现狮子在追赶羚羊的同时，也在做着复杂的运算。它知道自己的速度，也了解羚羊的速度。通过计算向量相减，如果狮子发现它和羚羊之间的距离在慢慢增大，就会放弃追赶，以便为下一次胜算更大的猎捕保存体力。

即便对一个高中生来说，狮子做的这些计算都不简单。

那么问题来了：难道狮子懂物理吗？

确实如此。狮子和其他动物（包括人类）一样，在进化的过程

中已经具备了在日常生活中使用物理推理的能力。如果没有物理知识，人类也无法生存。

那些被称为经典物理的概念来自于对日常生活的观察。我们观察天空，预测月相；射一支箭或者扔一块石头，画出抛物线确定物体在空中的运动轨迹。

但当我们进入现代物理的世界，就会发现这已远离了人类的日常经验。20 世纪初，人类能达到的最快速度仅仅是每小时 100 km，这也就不难理解为什么我们无法想象以接近光速运动起来会发生什么了 。

既然我们没有进化出能看到电子这类微粒的眼睛，就很难从直觉上理解电子的不确定状态。

量子力学涉及的现象都不是人类日常生活能接触的，远远超出了我们对现实的认知。

到目前为止，不懂量子力学也不影响我们活着。

量子物理学是什么

自诞生起，人类就想要探寻宇宙的奥秘。目前的物理学科对宇宙的探秘主要围绕两大理论展开：量子论和相对论。

相对论主要描述了宏观世界和星系运动，而量子论则揭示了原子的神秘行径及其微小的组成部分——也正是世间万物，包括我们自己的组成部分。

20 世纪初，人们开始探寻量子世界的奥秘，发现量子世界的微小粒子遵循着和经典世界不一样的游戏规则。那里经常会有让我们觉得不可能的事情发生：一颗粒子可以凭空被创造出来；能够同时出

现在两个不同的地方；根据**解读视角**的不同，还能够具有波动性或者粒子性；能够穿过墙壁；即使距离很远，两个粒子之间也有**“灵异联系”**（爱因斯坦的原话），以及其他很多看似荒唐的特性。

一个世纪前，科学家认为宇宙就像钟表机械盘一样精确。因此，他们在进入微粒的世界时就遇到了难题：宇宙的运行怎么可能这么混乱？

新的物理学让众多科学家不断挑战自己的信仰，并且提出了充满智慧的问题：唯一、客观的现实是否存在？当我们没有看的时候，月亮还在天上吗？爱因斯坦愿意相信月亮一直在天上。我们究竟是在按照既定的剧本生活，还是随着人生的发展在自己创作剧本？

量子物理学继续动摇着试图用理智解读这一学科的人，因为这门学科已经超出了人类的想象范围。

我们可能会错误地认为，量子物理学只是一门纯理论性的研究，并且可信度不高。但实际上，量子理论是科学中最精确的。迄今为止，还没有发现任何量子理论的预言是错误的，也没有哪个实验能够推翻量子理论。

于是，量子物理学开始融入我们的日常生活。目前，三分之一的经济行为是与量子物理学以及我们对它的认识有关的。从早晨用微波炉加热牛奶，到超市自动开关的感应门，甚至是电视、电脑、手机、阅读器等，都利用了量子技术，只是我们没有意识到罢了。

面对量子理论，我们有两个选择：一是埋头计算别吭声，一心想着推动科技发展；二是勇敢地解读宇宙和物质试图传递给我们的信息。

如果选择前者，我们就不需要经历量子物理学带来的混乱和悖

论。但如果想看到比方程式更远的东西、探寻量子世界的神秘之处的话，我们就需要穿越物理界限，进入哲学的世界，甚至需要研究形而上学[①]，从语源的角度看，可以理解为在自然学之后的学科 。

本书将带领我们踏上一段神奇的旅程。我们将在途中得到令人费解的答案，而这些答案又能引出更加令人费解的问题。

讲到这了，就来说一个关于理查德·费曼的轶事。有位学生问这位诺贝尔奖得主："量子波的真正作用是什么？"费曼只是回答："嘘，先把门关上。"

那么……什么不是量子物理学呢

近些年来，量子物理学为我们提供的宇宙解读经常被用来解释超常现象和伪科学。

其实有时候也不是故意弄虚作假，而是"科学究竟能解释什么"的界限确实还不很清晰。替代医学[②]和能量医学经常会被贴上"量子"的标签，这二者是否真的有用我们尚且不论，但这是一个和物理学相距甚远的学科，与量子理论没有任何关系。另外也有故意行骗、诈取利益的情况，比如利用科学的可信性传播迷信和蒙昧无知的思想，科学从一开始就与它们势不两立。

但是，我们也不必像中世纪崇拜神父那样，必须相信科学家所说的就是绝对的真理。也就是说，决不能唯物理学马首是瞻，因为

① "形而上学"对应西班牙语中的"metafísica"一词，由希腊语 μετά（meta，意思"之后"或"之上"）和 φυσικά（física，意为"自然，自然的产物"）构成。两个词根组合起来的 μεταφυσικά 意思就是"在自然之后"。——译者注

② 也称另类医学，指任何声称产生医疗效果，但并非源于科学方法收集证据的医疗实践。——译者注

它只能解释现实的很小一部分。将科学家置于绝对真理的神坛就好比让他们承担新神父的角色——这根本就不是科学家的工作。怀疑论能够帮助我们分辨，灵活性为我们打开了新的大门，但我们需要在它们之间找到平衡。尽管这很难，但却值得付出努力。

洞和水

据说圣徒奥古斯丁喜欢一大早去海边，一边散步一边思考。有一天，三一论这一谜题始终在他脑海中挥之不去。他反复思忖：圣父、圣子、圣灵是三位，怎么就能合成一位神呢？这是他始终没搞明白的悖论。

想着想着，奥古斯丁看到了一个正在玩耍的孩子。孩子在沙滩上挖了一个洞，然后拿着贝壳跑向海边，将贝壳盛满水之后又飞快地跑回来将水倒进洞里。见他如此重复了很多次，奥古斯丁走上前问："孩子，你在做什么呢？"

"我想把大海装进我挖的洞。"孩子笑着回答。

奥古斯丁用父辈的口吻说："这是不可能的。"

"这不也正好是你在做的事吗？"孩子语出惊人，"你想用有限的头脑想明白神之谜题？"

这则寓言道出了人类试图将物理学与神秘论、将新科学与古老的东方学说相联系的想法。但认为可以通过量子物理学来证明神的存在，就如同想要将大海装进小洞一样。

量子物理学只覆盖了我们所知的**事实**的一小部分。因此，用还不成熟的科学来解释神秘论是错误的，更是对量子理论和灵性的曲解。

这不是物理学应当解决的问题。

英国天体物理学家亚瑟·爱丁顿说过："有必要怀疑任何试图用微分方程解释上帝的想法。应当不惜一切代价避免这件事发生。"

灵性与科学并非水火不容；相反，二者能共同辅助人类认知宇宙。但如果说灵性源于科学，或是科学源于灵性，我认为都是毫无意义的。

量子物理学之父中的很多位，比如爱因斯坦、爱丁顿、薛定谔或玻尔，都经历过信仰的动摇。为什么？也许正是这种找到一切问题答案的"不可能性"，促使他们看到了物理之外的东西。

洞穴的影子

柏拉图在《理想国》中描述了这样一群人：他们从小被关在洞穴里，被迫脸冲着墙壁、背对着洞口，因此他们唯一能看到的，只有由篝火投射到墙上的物体和动物影子。

虽然影子只是物体的轮廓，但这些人却认为影子就是真实的物体。

同样的道理，物理之光不是在解释世界的最终现实，而只是让我们看到一些符号和影子。机械物理学和现代物理的最大差别在于，我们曾经以为科学可以解释物理世界中的最终现实和客观现实。而量子理论让我们不得不承认，我们其实就生活在影子世界里。

无论如何，勇敢的水手不应当惧怕广阔的未知海洋。就算我们只能明白什么是沙滩上的洞，也要勇于质疑一切事物。

这本书是一封请柬，邀请大家一起去探寻现实世界的边界以及

人类知识的边缘，从而扩展我们自己的头脑界限。

正如理查德 · 费曼所说："不要过于审慎地看待这一切……请放松，慢慢享受！我们只是在讨论自然做了什么……如果有人问：'怎么会是这样的？'那么他就走进了至今没人能走出来的死胡同——没有人知道自然为什么是这样的。正所谓是'说不尽的量子力学'。"

第 1 章

暂时的真相

我对未来兴趣盎然，因为那将是我度过余生的地方。

——伍迪·艾伦

发件人：弗兰塞斯克

收件人：索尼娅

亲爱的索尼娅，

你上周四的讲座让我头一回对量子物理有了些许了解，真是非常感谢。就像讲座结束时我和你说的，我想深入了解这门神奇的学科。但是在进入量子物理的神秘世界之前，我想先谈谈之前的事情。

通过你的讲座，我认识到现代物理给了我们一个认识世界的全新角度，但是我对那些经典物理学家看世界的角度也十分好奇。既然用了“经典”一词，那么就至少要追溯到古希腊时代，对吗？那么问题来了，如何从那些几乎行过无痕的哲学家身上看到科学发展的印记呢？那些哲学家们在仰望苍穹时都想了些什么呢？

祝好！

弗兰塞斯克

发件人：索尼娅

收件人：弗兰塞斯克

弗兰塞斯克，

刚刚看到你的邮件，你信中所提确实都有道理。若想认识量子物理的新宇宙论观点，最好的方法莫过于来一次时间旅行。

如果方便的话，你可以明晚 9 点来我家，我们一起来一趟“旅行”。我家的地址你应该已经有了。

很抱歉现在不能告诉你具体细节，因为电子邮件可能会导致信息泄露。

明天你就知道为什么了。虽然没有必要告诉你这是绝密事件，但还是请你保密，不要对任何人提及。

祝好！

索尼娅

返回书写未来的地方

差 10 分 9 点的时候，门铃响了。我微笑着接起门禁电话，就料到邮件会唤起弗兰塞斯克的好奇心。

“我知道咱们约的时间还没到，我提前来了。”我的好朋友解释着，“我是真的忍不住了，你的邮件太吊人胃口了！”

“没关系，一切都准备好了。你把这件衣服穿上。”

弗兰塞斯克一边用疑问的眼神看着我，一边穿上我扔给他的袍子。我也穿上了道具服装。

“咱们是要去参加化妆晚会吗？”看着我们两人身上的古希腊特色袍子，弗兰塞斯克疑惑地问道。

“嗯……并不是。上楼去书房吧！”

踏着狭窄的旋转楼梯，我们来到了楼上的书房。我给弗兰塞斯克展示了“时间机器”之后，他惊奇地问：“这个满是电线和灯的衣柜是什么东西？”

“这是时间机器啊！我给你发邮件的时候说得很清楚，咱们要来一次‘时间旅行’。”

看到弗兰塞斯克那惊讶的表情，我差一点笑出声来。

“我也是实在没辙了才决定选择时间旅行的。”我试图让自己严肃起来，“使用时间机器是很危险的，任何一个小失误都可能会改变历史的轨迹。但这次值得冒险，我们小心一点就好了。”

“索尼娅，我不知道你在说什么。”

“你眼前是一台时间机器，我设置了三个我认为值得体验的历史时刻。但愿我没有弄错，不然咱们就可能回到侏罗纪时期了！被成群的恐龙追赶可不是什么好玩的事。”

在弗兰塞斯克又要发问之前，我推了他一把。双双进入时间机器之后，我锁上门。

古雅典之旅

第一段旅途可谓一帆风顺，我们成功“降落”在公元前 357 年的古希腊。

“根据我的计算，咱们现在应该离阿加德米学园[①]很近了。”我对弗兰塞斯克说。

① 又称柏拉图学院，由柏拉图于公元前 385 年前后在古雅典创建，是欧洲历史上第一所集高等教育与学术研究为一体的学院。——译者注

“哎呀，你什么时候长出大胡子了！”弗兰塞斯克瞬间离得我远远地说。

他没有发现，我在扎起头发之后还给自己戴上了个大胡子，因为这在古希腊时期很流行。

“在古希腊，女性是不能出入阿加德米学园并参加讨论的。因为在那个年代，女性参与文化活动是不被认可的行为。你把这个东西戴到耳朵后面，”我对他说，“这是一个简易翻译器，可以翻译你听到的话，也可以翻译你说出的话。有了它，你就可以听懂古希腊语了。”

就在弗兰塞斯克刚想问什么的时候，两个男孩儿走近了我们，边走边向一只流浪狗扔着石头。

这时，我们背后传来一个声音：“小伙子们，放过那条狗吧，它让我想起了一位去世多年的老朋友。”

两个年轻人对说话的老者尊敬地点头行礼，然后迅速离开了。

“我的老师苏格拉底特别喜欢开这类玩笑。”老者一边说一边走近我们，“他认为人死后会回到这个世界，甚至变成动物的样子！”

我和弗兰塞斯克模仿着刚才那两个年轻人的样子对老者行礼。

“你们是外地人吧？”

“是的，先生。”我回答，“我们要去阿加德米学园，想去拜会亚里士多德。”

“正巧我也要去那里，如果你们不嫌我走得慢，可以跟我一起走。”

阿加德米学园气势恢宏，“非几何学家不得入内”的字样在白色大理石门楣上清晰可见。

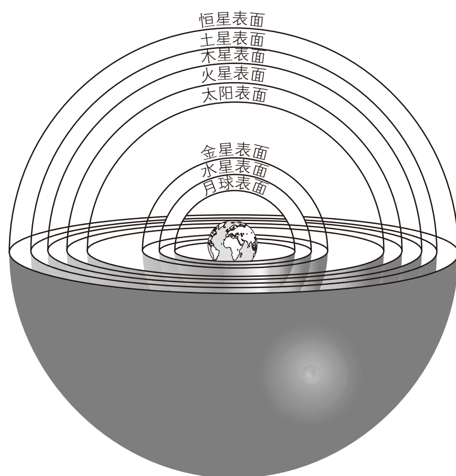
我们并没有因此而止步。

我们穿过了一道连拱廊，廊中挤满了穿着袍子的老少学者。一位少年举着星象盘，上面的点点亮光代表着天空中的繁星。少年身旁，一个身形魁梧的人展开了一张写满了公式的羊皮纸，并用自己的羽毛笔做着修改。

我们混入人群，进入了古典时期学说的摇篮。一想到后来的整个西方文明都将诞生于此，一股优越感便油然而生。

穿过宽敞的大厅，长者把我们带到了一间阶梯教室，台阶上挤满了眼露好奇的人。我们在后排坐下，怀着激动的心情，看着亚里士多德正发表着他的演讲。

“天空的形状必须是球形的，因为这种形状最符合天体的本质，也是最原始的形状。你能对直线添上几笔，但是对圆的曲线却绝不可能，所以画出圆形的线条是完美的。如此看来，做圆环形运动的物体的轨迹形成了球面，与它毗邻的物体的运动轨迹也是球面的，也就是说形成了球面的嵌套……”



“课好像已经讲了一半了，”弗兰塞斯克喘着气说，“他说的东西很难懂。”

“亚里士多德正在讲他的天文理论。如果没有记错的话，我应该是在他的著作《论天》当中读过。亚里士多德认为，宇宙被分为两个球体，或者说两个相对的部分：一个是完美的，对应着天体；另一个是不完美的，对应着地球以及地球上发生的所有事。这两个部分都被月球分割开来，因此宇宙也就被分割成月上世界和月下世界。根据他的观点，地球虽然不完美，但却位于宇宙的中心，由水、气、火、土四种基本元素组成。在这个不完美的世界中，所有的运动都是直线、孤立的。但是天体却是由第五种元素构成的，叫作以太，也称第五元素①。在天体上，运动是环形、连续且呈同心圆状的，所以是完美的。”

解释完之后，我们的注意力又回到了亚里士多德的演讲上。

“实体一共有三种：被运动的、运动的，以及处于这两者之间的一种永恒的实体，并非被运动而运动……”

“这是在讲神以及所有事物的运动起源。”弗兰塞斯克小声对我说，“我之前在准备哲学考试的时候背过。这应该是第一推动者②理论，主要内容是一个物体能够开始运动，是因为受另外一个物体的外力推动，而这个施加外力的物体之所以运动，也是因为受了其他物体的推动。如果追根究底，就会出现这样的问题：运动究竟是怎样产生的？”

---

① 又译精质，是一种对于暗能量的假设形式，用于解释对宇宙加速膨胀的观测。——译者注

② 又译“第一推动力”，是亚里士多德《形而上学》中的哲学术语，指一切事物最后的目的和运动的最终原因，即“善”“理性”和“神”。——译者注

“回答这个问题简直比说出宇宙大爆炸之前的世界是什么样的还难！”

“亚里士多德认为，神是运动的第一推动者，一切运动的起源都是神，这是通过吸引力来实现的。我记得他说过：被爱者推动施爱者。”

坐在前排台阶上的学生回过头皱着眉头看我们，显然是在让我们安静听老师讲课。亚里士多德这时已经讲完了，和我们一起前来的老者走上讲台。

我们正惊讶着，这位白色大胡子、高鼻梁的老者开始讲话了。

“请大家设想一个洞穴式的地下空间，有一条长长的通道通向外面……”

一名观众嘟囔着说：“柏拉图又开始讲他的洞穴[①]了！”

听到这些，我用胳膊肘碰了碰弗兰塞斯克，激动地说：“原来和咱们一起来的老者就是柏拉图！”

我的朋友一脸惊恐地看着我：“索尼娅，你的胡子快要掉了！”

坐在旁边的几个人向我们投来疑惑的目光。

“咱们还是在挑起事端之前赶快跑吧！”我慌乱地说，“是时候回到时间机器里了。”

时间机器的门一开，我们毫发无伤地回到了家里的书房，终于可以喘口气了。

“我简直不能相信咱们刚刚经历的一切！”弗兰塞斯克激动地欢呼，“咱们居然和柏拉图一起去了阿加德米学园，还听了一节亚里士多德的课！”

① 指柏拉图《理想国》中提到的“洞穴隐喻”。——译者注

“我去泡杯绿茶，帮咱们平复一下心情。咱们只有几分钟的休息时间，马上就要开始第二次时间旅行了。”

“第二次时间旅行?”我的朋友在我烧开水的时候问。

“当然了!”我用骄傲的口吻说，“你不会以为时间旅行已经结束了吧? 刚刚的时间旅行让我们了解了古希腊的宇宙论，这个理论直到 17 世纪还被天主教所认可呢！两个遵循完全不一样规则的世界：一个是不完美的尘世，生活在这里的人们有各种各样的弱点和激情；一个是完美和谐的天界，天使和恶魔是那里的主宰。”

“我懂了。”弗兰塞斯克喝了一口水说，“但是那些这么有智慧的人竟能萌生出如此奇怪的世界观，还真是不可思议。”

“你可不要这么轻易下结论，没准儿我们当下对世界的认知也是‘暂时的’呢!”我一边为下一趟时间旅行准备服饰一边说，“咱们还是继续时间之旅吧。这次要前往 17 世纪，也就是伽利略和开普勒开始推翻旧科学，推开启蒙运动大门的时代。”

我催促冒险伙伴赶快穿上我给他的衣服。

“现在我们将要去认识的这个人完成了一项危险的任务：将天地统一了起来。”

我又将弗兰塞斯克推进了时间机器。

流浪的天文学家

装扮成仆人的样子，我们成功来到一座 17 世纪城堡冰冷的走廊里。

“现在咱们去哪?”弗兰塞斯克问。

“如果我没计算错的话，咱们随时都会遇到约翰尼斯・开普勒和

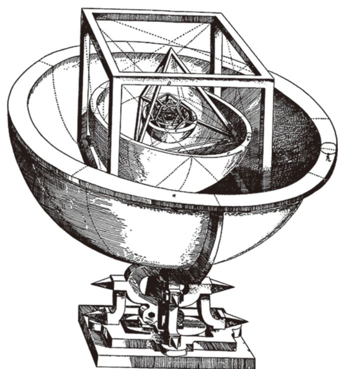
他的侍从。”

走廊里传来一阵金属碰撞的声音，我远远看到两名士兵正向我们走来。

在他们把我们当成入侵者之前，我和弗兰塞斯克向相反的方向跑去。我们进入了遇到的第一扇门——幸好门没有锁，躲在房间的角落里，想着如何甩掉那两名士兵。

直到士兵们的脚步声逐渐远去，我们才呼出一口气。恢复平静之后，我们发现这个房间看起来像是个书房，中间的大桌子上堆满了书和羊皮纸。

弗兰塞斯克好奇地张望着书房里的书，而我却被丢弃在一旁的简陋装置所吸引。我一眼就认出它来了。



“快来看！你知道这是什么吗？”

“不知道……这是什么啊？”

“这是开普勒在他的著作《宇宙的奥秘》中设计出的宇宙模型，他继承了毕达哥拉斯用数来解释宇宙构造的神秘主义理论。开普勒相信哥白尼的日心学说，他认为宇宙的中心是太阳而不是地球。尽

管这种想法在当时的宗教环境下是十分危险的，伽利略就因为有同样的信仰而惨遭监禁，但是开普勒始终坚信日心说，对这一理论充满信心。”

“太阳和信仰有什么关系？”

“对于开普勒，以及那些古埃及人来说，太阳就是神的完美形象，所以它就应该是宇宙的中心，而其他行星则应当以完美的圆形轨道绕着太阳转。但是哥白尼的数据却和他的这一理论不相吻合，于是他来到了布拉格，寻求当时最著名的天文学家第谷·布拉赫的帮助。开普勒十分确信，他将在这里得到打开天文学奥秘之门的钥匙。”

“我记得曾经读过一些关于第谷·布拉赫的资料。这位古怪的天文学家就是那个在一次葬礼上被削掉了一半鼻子，之后又被迫戴上金假肢的人吧？”

“就是他。但第谷起初并没有完全接受开普勒的观点。当着身边那些马屁精的面，他对年轻的开普勒满是质疑，还常常取笑这个想要解释宇宙奥秘的农村小伙子。只有在宴会上喝过酒之后，才会吝啬地给开普勒透露一点点知识。但即使如此，这位年轻的天文理论家也如获至宝，激动地认真记录下来。在第谷将要去世的时候，一切都迎来了转机。在病榻前，这位天文学家就像念咒语一样一遍遍重复着‘我总算没有白活’，并将他毕生最有价值的天文学研究都传给了开普勒。”

这时房间的门突然被打开了，我吓得一时不知道该怎么办。

“快假装打扫卫生啊！”弗兰塞斯克一边用胳膊肘碰了我一下一边小声说。

我发现刚刚进来的三个人正专注于他们自己的事情，因此并没有觉察出我们不是这里的仆人。

“我们太幸运了！那个长着胡子的人就是开普勒，仔细听。”我不动声色地对弗兰塞斯克说。

“这不可能！”开普勒出言不逊道，“我实在搞不明白为什么神会给天界选择这么不完美的形状！”

在不会引起别人注意的前提下，我小声向弗兰塞斯克解释道：“开普勒称神为神圣几何学家①。”

“会不会是第谷测量有误？”开普勒旁边的一个人试图取悦他。

“第谷有时候确实有点古怪，但他的精确度却是毋庸置疑的。他一定发现了有些不吻合的现象，所以一再坚持测量火星②的轨道。我的大师第谷，您现在终于可以安息了，您没有白活。”

开普勒跌坐在椅子上嘟囔着：“那个已经被我扫地出门、拒绝了的真理，它又一次悄悄出现在了我家的后门。这次它扮作别的模样，就是为了让我能够接受它。我以前是多么的愚蠢啊！”

紧接着，开普勒从椅子上跳起来，欢呼道：“现在我不能再否认事实了。火星的运行轨道就是拉长的、不完美的、类似卵形的椭圆形。研究了这么久，没想到原本以为是垃圾的理论却是真理！”

听开普勒说完，学生们跟着他一起离开了房间，房门被重重关上。

房间里又只剩下我们两个人了。

---

① 柏拉图认为“神就是几何学家”，意思是说神是宇宙的伟大设计者，在制造这个世界时，仿佛处处都是按照几何学原理来安排的。因此在他开办的学园里，不懂几何的人是没有资格接受哲学教育的。这也是许多基督教神学家和辩护士的一个重要概念。——译者注

② 火星是所有行星中椭圆运行轨迹最明显的，因此第谷正确地指导了他的弟子去测量火星运行的轨道。如果没有第谷的研究基础，开普勒也许就不会提出他的三大定律了。

“天哪，他看起来也没有那么开心嘛。”弗兰塞斯克一边说，一边捡起开普勒起身时扔在地上的纸片。

“他当然不会开心了！在研究了这么多年之后，他不得不接受事实，承认他曾经对于行星轨道是完美圆形的执念只是幻想。开普勒最终改变的不是对行星轨道形状的认知，而是心中那神圣几何学家的形象。但也正是由于这一次推翻了旧观念，开普勒提出了他著名的三大定律[①]。”

“快来看看这个!”弗兰塞斯克指着几张纸打断我的思绪，“如果我没搞错的话，这应该是伽利略的一封信!”

“这就对了！伽利略和开普勒是同一时期的人，他们有过书信往来。”

“我感觉伽利略在这封信中给开普勒提供了一些制造望远镜的数据信息……”

“是的。1609 年，伽利略第一次得到了一台望远镜，从此就迷上了这个玩意儿。阿基米德曾经说过：‘给我一个支点，我能撬动地球。’对于伽利略来说，这个支点指的就是望远镜。透过望远镜，他观察到了曾经被认为位于宇宙中心而且不会动的东西在运动，那就是地球的运动。”

“也就是说，在伽利略之前，望远镜早就出现了?”

“是的，不过之前望远镜只是被用作航海工具。是伽利略改良了传统的望远镜，并将它对准了浩渺无边的天空。自此之后，更多的天体秘密被发现。那时还认为月亮是一个完美的圆球体呢。”

“形状应该就像艾丹姆奶酪[②]一样吧!”弗兰塞斯克说了句俏

① 详见第 1 章附录。

② 荷兰圆形奶酪，唯一一种制作成完美球形的奶酪。——译者注

皮话。

“但当他用自己的新发明对准了地球的卫星月球时，却发现这个行星的表面并不是完美的球形，而是粗糙的，还有山峰有谷地，与亚里士多德的猜想相去甚远。”

“喂，你们两个，别偷懒！”一个士兵站在门口冲我们喊。

我的同伴弗兰塞斯克吓得脸都白了，而我自己也冷静不到哪去，心跳声大到似乎能被 21 世纪的人听到！我们手里还拿着伽利略的信件呢，可谓是被抓了现行。

“看在你们是新来的份上，你们就去清理牲畜圈的粪便吧！”那个士兵给我们下了命令，不过还好，他不知道我们究竟在做什么。

弗兰塞斯克依然不知所措地愣在那里。我拉起他的手，扯着他一起跑出了书房，将士兵的威胁甩在身后。

“索尼娅，我提议下次咱们再来这里的时候还是装扮成国王和王后吧。”弗兰塞斯克说。

我们再次回到了家里的书房，脱下身上那些夸张的 17 世纪服装，弗兰塞斯克准备再沏点茶。

“好主意，我觉得挺好。”我坐在桌子旁边说道，“这样我们还有时间回顾一下刚刚经历的事情。我们刚才穿越到了现代物理学中‘现代’这一概念诞生的时代。”

“你指什么？”

“伽利略认为，科学理论必须得用精确的实验和计算来证明。就像他在自己的著作中提到的一样：大自然这本书是用数学语言书写的。自此，近代自然科学由定性研究开始转向定量研究，实验方法成为探索、发现自然奥秘的公认科学方法。”

“原来是这样！我还以为科学研究一直使用这样的方法论呢。”

“当然不是！这种科学方法和亚里士多德的哲学观点是相悖的，后者一直延续到文艺复兴时期的意大利。黄金时期[1]的科学家们可以针对有争议的观点讨论到筋疲力尽却也无法达成共识。直觉性和推理性能解释的事在那个时期还是被接受的，比如地球显然是静止的，因为没有人能感觉到自己脚下的土地在动。”

“我很理解他们的思维方式，听起来很有道理。”

“事实上，我们至今还在说‘太阳从东边升起，从西边落下’——我们的表达习惯依然表示地球是静止的。伽利略在宗教裁判所饱受酷刑的时候还在喃喃自语：无论如何，地球就是在转动！正是他的信仰让他晚年凄惨。还有我们刚刚见过的开普勒，他不得不放弃自己坚守的信念，在实验数据面前承认行星轨道的确是椭圆形的。”

“亚历山大・蒲柏就说过：犯错者为常人，知错者为智人，谅错者为神人。”弗兰塞斯克补充道。

“开普勒的坟墓似乎在三十年战争[2]中被毁，但他的墓志铭却留在我们心中：我曾观测苍穹，今又度量大地。灵魂遨游太空，身躯化作尘泥。假如可以重修开普勒墓，墓志铭可以改用卡尔・爱德华・萨根对他科学精神的赞扬：在挚爱的幻想和残酷的事实之间，他选择了事实。”

我起身为我们的下一段行程准备道具。

“我们的下一站是哪儿？”弗兰塞斯克一边收拾桌上的杯子一边问。

“我们就以拜访艾萨克・牛顿来结束这次旅行吧，他是在伽利略

---

① 欧洲文艺复兴时期。——译者注

② 1618 年—1648 年，是由神圣罗马帝国的内战演变而成的一次大规模欧洲国家混战，也是历史上第一次全欧洲大战。——译者注

去世的那一年出生的。之前我们已经了解了，开普勒发现行星的运行轨道不是圆形而是椭圆的，而和他同时代的伽利略则因为观察到月球表面的沟沟壑壑，促进了推翻人们一贯对于星球表面的认识：星球的表面并不完美。”

“还有什么要补充的吗？”弗兰塞斯克问。

“当然是又一个颠覆性的理论啦！牛顿用他的万有引力定律证明了，苹果从树上掉下来所受的力和行星运转、月亮绕着地球运转所受的是同一种力。这在今天似乎很好理解，但是在当时却引起了轩然大波。他还证实了“不完美的”地面物体与“神圣的”天体运动都遵循着相同的自然定律，这一点着实让他剑桥大学的同事和学生大吃一惊。”

“如此，天体和地球终于被统一成一个整体了。”

“完全正确。从此，在科学和真理的世界中，神的存在已经不是必需的了。”

历史上最耀眼的科学家

> 自然和自然法则隐藏在黑夜之中。
>
> 上帝说：“生个牛顿吧！”于是一切都被照亮了。
>
> ——亚历山大·蒲柏

我们不假思索地钻进时间机器，朝着 18 世纪出发。眨眼之间，便来到了一处英国农庄的花园里。

离天黑还有一个小时。

一位女管家面色不悦地递给我们一个托盘，上面还放着蛋糕和

一杯冒着热气的红茶。

“你们俩，去把这个给先生送去。厨师们搞砸了晚餐，我得去收拾烂摊子了。”

我们乖乖听从了命令。

“索尼娅，我们为什么总是装扮成仆人呢？”

“因为这样才能不引起别人的注意啊。之前和你说过了，我们任何一个小小的失误都有可能改变历史的进程。”

我们在花园树荫下的一张桌子旁看到了牛顿和另外一位绅士，他们正在热烈谈论着什么。

“如果我没有搞错日期的话，我们应该穿越到了 1726 年 4 月 15 日。”我小声和弗兰塞斯克说，“和牛顿谈话的人就是他的传记作者威廉 · 斯蒂克利。”

“在 23 岁的时候，我应该已经在剑桥大学学习了，但是学校因为要预防大瘟疫而暂时关了门，所以我只能回到我的家乡伍尔索普。”牛顿解释说。

“但据我了解，您在那段时间也是大有收获的。”威廉 · 斯蒂克利说。

“牛顿就是在那段时间里研究出微积分学的。”我告诉弗兰塞斯克，“而且，他还研究了光学，提出了白色光是由各种颜色的光组成的。另外，他还利用这段时间，为之后提出万有引力定律做好了充分的准备。”

“他简直是在和时间赛跑！我记得牛顿还发明了反射望远镜吧？”

“正是正是，我差点忘了这一点！牛顿在那段时间的贡献，在科学史上被认为是可以与 1905 年相提并论的，后者也叫作爱因斯坦的奇迹年。”

“哎呀!”弗兰塞斯克突然的叫声打断了牛顿和威廉·斯蒂克利的谈话。

一颗苹果从树上落下，正巧砸在了弗兰塞斯克的头上。

斯蒂克利很礼貌地询问弗兰塞斯克有没有受伤，但让我们惊讶的是牛顿又开始讲下一段趣事了。

“正巧是一颗从树上掉下来的苹果，就像这颗砸了这位先生的头的苹果一样，带给了我研究万有引力的灵感。为什么苹果会向下掉落到地上呢？为什么苹果没有向上或者向其他方向掉，而总是朝着地上掉落呢?”

斯蒂克利刷刷刷地在本子上记录着，生怕错过一个小小的细节。

牛顿继续说:“比如一支射出的箭是因为在水平方向受力所以才能够飞出去，那么苹果落地也是一样的道理，它也是受到了力的作用才会从树上掉落到地上。但既然苹果受到这种力的作用而掉落在地上，那为什么天上的月亮却依然好好地挂在那里呢？难道月亮没有受到力的作用吗?”

“行星运动定律和万有引力这两个观点就是这样产生的。”斯蒂克利说。

“在我好朋友哈雷的坚持下，我已经将这两个观点在《自然哲学的数学原理》这本书当中阐明了。”牛顿满意地承认，“自然世界并不是随便运行的，它的运行满足数学规律，精确得像手表里的精密机芯。”

“哈雷还利用这一定律预言了彗星做回归运动的事实。”斯蒂克利补充道。

这时之前的女管家来了，宣布晚饭已经就绪了。牛顿和斯蒂克利起身顺着通向餐厅的小路走去，牛顿边走边说:“我不知道外人是

怎么看待我的，但在我自己看来，我就像是一个在海滩上玩耍的小孩，捡到一颗光滑好看的鹅卵石就会很开心，而我面前的整个真理海洋都在等待着被揭示。”

机械宇宙

脑海中还回响着牛顿最后说的那几句话，我们走出了时间机器。

“这是我设定的最后一段时间旅行了。”我满意地对我的冒险伙伴说。

“这已经不少了！我们见证了很多历史上的关键转折时刻，而且从柏拉图时代观察到牛顿时代，我也了解了人类宇宙观的变化历程。”

“从此之后，在机械论①的视角下，真理终于战胜了宗教。”

“这就是我们所知的经典物理学？”

“完全正确，这一概念通常被用来指从牛顿开始到 19 世纪末的物理学家所做的研究。他们认为，宇宙就像一个精密的手表机芯，只有与这个大机器有关的事物才属于物理领域。至于那些有关意愿、意识的问题，则都被放入到了哲学的范畴。”

我盯着墙上的一张老地图陷入沉思。

“你了解拉普拉斯的轶事吗？”

“拉普拉斯是谁？”

“他是 18 世纪法国的一位重要的物理学家、数学家。据说拿破仑在读了他的著作《宇宙系统论》之后对他说：‘有人跟我说，您在

---

① 这一观点认为自然完全类似于一台机器，是一部像齿轮或滑轮一样的装置。——译者注

这部关于宇宙体系的巨著中对宇宙的创造者只字未提?’拉普拉斯回答说:‘陛下，我不需要这个前提。’后来拿破仑将这段对话讲给数学家约瑟夫·拉格朗日，拉格朗日说:‘哦！上帝是个可以解释很多事情的美好假设。’拿破仑又把这个回答转述给拉普拉斯，拉普拉斯天真地说:‘就算上帝可以解释一切，他却不允许预言。’”

“我好像在哪里看到过，经典科学有四个命题。”弗兰塞斯克补充说。

“也许不止四个，不过我们先讨论这些。第一个是，宇宙就像是一台在绝对时空里运转的机器。我们可以把所有物理运动都看成是简单的机械运动，是一个以固定规律运转的精密机器，尽管这些机器的齿轮小到我们都看不见。”

“所以在机械宇宙中，上帝的新角色就是一位钟表匠。”

“嗯，是一位退了休的钟表匠。因为只要一切开始运动，上帝就没有什么作用了。”

“居然能让上帝退休！继续讲。”

“第二个是宇宙有限论。如果我们知道一个物体在某一时刻的运动状态，就可以推测它在过去和未来任意时刻的运动状态。所有的事物都有它的原因和表象，这一点毫无疑问。”

“嗯，我对此也没有疑问。”

“第三个是能量以两种形式传递：一是粒子的形式，就是极其小的粒子；一是波的形式，就像是海滩上的波纹。这两种形式不存在交集，要么是粒子，要么是波。”

“比如这张桌子就是由粒子组成的，而光和声音就是波，是这个意思吧?”

“最后一个是科学桂冠上的珍宝：客观。科学家们可以从存在的

唯一事实和客观出发，利用自己的知识观察和研究自然。这就是哲学当中的唯物主义。”

“这种看待世界的视角是怎样影响不懂物理的人的日常生活的呢？”

“在很多方面都有影响啊。根据牛顿提出的各种定律和科学发现，后来的工程师们才得以创造出第一批机器设备，同时推动了工业革命和社会革命。从此农村人口开始向城市转移，所以也带来了经济革命。亚当·斯密利用牛顿式的类比法，揭示了一种为了全球共同利益而平衡政治与经济的无形力量[①]。”

“但实际并不是这样。”弗兰塞斯克一边评论一边歪头看桌上的报纸，头条上赫然写着：政府决定进行新一轮的财政削减。

“机械说在各个领域都产生了影响，但随着量子物理的诞生，这些我给你一个一个数过的命题也都被一一颠覆了。”

布谷鸟钟报时了，已经是早上八点了。

“天哪！”我惊呼，“时间居然过得这么快，已经天亮了！今天学习得够多了。”

“爱因斯坦说时间是相对的，我觉得这一晚上的时间过得飞快。要不我请你吃量子早餐吧？”

---

① 在文中指经济的市场调节。——译者注

第2章

人们为何拒绝改变？四则寓言和一个偏见

> “要打破人的偏见比崩解一个原子还难。”
>
> ——阿尔伯特·爱因斯坦

根据经典物理学原理，真相已经摆在那里了。但你有没有想过，这个被认识的真相是有局限性的，它是由我们对周遭环境的认知以及对事物的感知能力决定的。

佛说我即我想，因为我们看待世界的方式决定了我们的现状。

我一直都记得与父母生活在一起时的一段趣事。那时候，我每天早晨都会穿过一个公园去上学，公园里有一条弯弯曲曲的石头路，一块块扁平的石头像琴键一般嵌在地上，避免人们践踏草坪。

但在我的印象中，这些石头的布局非常不合理，如果人们想踩着石头，就不得不跳着走过去。所以很多人都选择避开石头路，从左边绕行。

邻居们每天频繁来往，久而久之，那片草被踩得光秃秃的，公园里好像又出现了一条路。

每次走过这条路的时候，我都会开心地想，自己的每一个脚印都为这条新路做出了贡献。

一天下午，我放学回家再一次经过这里，却发现整个公园的草坪都被园艺工人们掀翻了，花、秋千和灌木丛都荡然无存。当然，我们一起踏出的新路也消失了。

公园俨然是一片沙土飞扬的乱象。

眼前的景象让我的思维也混乱起来。正当我准备再次沿着已经消失的小路穿过公园的时候，一个小男孩经过我的身旁。他追着球跑着，从这一角跑到了那一角，画出了一条完美的对角线。

那一刻我才清醒地意识到，之前的石板路早已经消失了。此刻，我可以随心所欲地沿着任何一条路穿过公园。

消极思维定式[①]

很多年以后，我终于明白了，为什么我们的思维总是按照固定的模式产生想法。如果我们习惯于把别人想得很坏，一旦这种思维成为固定模式，那么在我们眼中，所有人都会变成坏人。

我们的神经元通过相互连接实现信息传递。在公园草坪上走过成百上千次之后，好似就出现了一条唯一的路。同样，我们的神经元在熟悉的刺激下，总是以惯有的方式反应，却忽略了每一个人都可以有自己独特的思考和反应方式，我们本身才应该是反应的决定者。

自动消极模式会对我们产生限制和阻碍作用。一遇上堵车就破

① 也称惯性思维，指人习惯性地循着以前的思路思考问题。这会使思考时产生盲点，也缺少创新或改变的可能性。——译者注

口大骂的司机本可以打开收音机，调出一支古典音乐来舒缓情绪，但“说脏话”是他们无意识预设的反应模式，是本能反应。如果有人偷偷拍下这些人的表现，过后再拿给他们看，他们一定会露出惊讶、羞愧的表情，一改之前的态度。

我们要么受自己的言行支配，要么学会管控自己的言行。事实上，我们一次又一次地选择了错误道路，成为本能反应的奴隶。不过，还有一个好消息，那就是我们仍然有选择为自己做主的自由，拒绝被惯性思维牵着鼻子走。

说到习惯、常规，无论是在工作还是生活中，总是不乏墨守成规、拒绝创新之人。他们躲在惯性思维这面坚固的盾牌之后，一遍遍地重复着：“这件事就应该这么做，因为一直就是这么做的。”于是，原本十分钟就可以解决的问题，依旧得搭上半个多小时。虽然情侣总是因为同样的问题发生争吵，他们也从来不想寻求缔结和谐关系的新方法。

很早以前，爱因斯坦就戏谑地总结过这种态度：智力衰退最明显的特征就是，用同样的方法重复做一件事，却期待得到不同的结果。

创造的瞬间

那么最根本的问题来了：就像工匠铲除公园里的小路一样，我们究竟应该怎样摆脱大脑的惯性思维？我们需要在一个创造的瞬间，让所有预设路线消失，并打开所有的可能性。

禅师会用一种特别的方法引导初学者进入“悟”的境界：公案[①]。

① 原为官府判决是非的案例。禅宗借用之，指前辈祖师言行范例、禅机故事。其作用是发起对心性的疑惑，以期凝聚全部心力予以解决。——译者注

“公案”通常是一些看似荒唐，却又无法按照常理解决的问题。最为人知的一桩公案可能是，禅师拍了一下手，然后问：“用两只手鼓掌可以发出声音，如果只用一只手会发出什么声音呢？”

面对这样一个难题，逻辑思维告诉我们，这就是一种悖论。因此，这种情况下最好的解决方法就是释放“水平思考”[①]，任直觉把控思想的缰绳。“公案”思想在大脑中沉淀、酝酿一段时间后，新的想法自然就会迸发出来。

这种方法在企业的**头脑风暴**中经常使用。在这个过程里，脑内会迸发很多看似荒唐，却能带来变革性结果的想法，比如“要是给硬糖加上一根棒，会是什么效果呢？”或者“来搞点黑色的饮料怎么样？”

这些案例是不是听起来有点耳熟？

创造新路径

无论是对科学的贡献，还是在提倡打破旧思维、开拓创新精神方面，爱因斯坦无疑是 20 世纪最有影响力的人物之一。

在 1905 年，也就是之前提过的“奇迹年”，爱因斯坦发表了三篇彻底颠覆物理世界的论文。后来，他用一句话睿智地总结了这几篇文章的中心思想：“我们无法用提出问题时的思维高度来解决问题。”

早在几个世纪前，亚历山大大帝解决了一个古时无法解决的问

① 也称横向思维，是由法国学者爱德华·德·波诺提出的一种思考方式，指以非正统的方式或者显然非逻辑的方式寻求解决问题的办法。——译者注

题。在东方的传说中，有一个极其复杂的结，叫作戈尔狄俄斯之结[①]。传说，解开戈尔狄俄斯之结的人能够攻下东方世界。

当亚历山大大帝准备统治波斯帝国的时候，他遇到了这个问题。面对这个复杂的结，他拿出宝剑，干净利落地将它斩断，戈尔狄俄斯之结就此解开。随后，亚历山大大帝同样快刀斩乱麻地攻下了亚细亚[②]。

“像戈尔狄俄斯之结一样复杂”这一表达方式就出自这个故事，一般用来指那些只有使用创造性思维或者水平思考法才能解决的问题。

水平思考法让爱因斯坦颠覆了传统的绝对空间观。他以一种全新的视角看待光的特性，为量子物理学的诞生做出了极大贡献。

我们将会在随后的几章中深入量子的世界，因此也会接触一些稀奇古怪的事情，比如物体可以同时出现在不同的地方、表面上看起来是固体的东西实际上却是真空的、一只猫可以同时活着或死去，等等。

就像之前提到的公案一样，这些看似矛盾的悖论完全颠覆了我们现有的思维模式，让人产生一种混乱的感觉，但这正是迈向创造性思维的台阶。在这一瞬间，我们的头脑就像那个被翻乱成工地现场的公园一样——任何路线都是有可能的。

世界在最近一百年发生的变化比此前整个人类历史的变化还多。因此，我们现在要比其他任何时刻都牢记阿尔文·托夫勒的话：“21世纪的文盲不是不会读书写字的人，而是不会学习、不会忘掉已经学过的东西、不会重新学习的人。”

---

① 由戈尔狄俄斯命名，据说这个结在绳结之外没有绳头，一般意指要用非常规方法解决的不可解问题。——译者注

② 指东方。随着西方人对东方地域的认知逐渐扩大，便以“亚细亚”统称东方。——译者注

范式转移

科学史学家、科学哲学家托马斯·库恩通过分析科学史上的一次次革新，在他的《科学革命的结构》一书中提出了“范式”以及“范式转移”的概念。

库恩书中提到的范式阶段主要有以下几个。

第零阶段：预科学

首先是范式出现以前的阶段，只存在一次，期间没有对任何特定理论的共识。

第一阶段：常规科学

在这一阶段中，科学家们会遵守已经被接受为事实的法则和理论，在既定范式的框架中进行研究。

“所有的现象都可以用已有的理论解释”是当时一个不成文的共识。但随着研究的发展，出现了库恩所说的异常现象。

常态科学发展出了在现有范式的框架中难以解释的现象，已经存在的理论无法再解答新的问题。

如果这些异常现象数量还不太多、情况也不太严重，还可以在旧范式的框架下解决。但当它们累积到一定程度，科学界就会对旧范式和传统意义上的**事实**产生怀疑了。

于是就开启了下一阶段。

第二阶段：危机

这时的科学界会专注于研究异常现象，并致力于发现可以解释这些现象的新理论。事实上，这些所谓的新理论会颠覆曾经的绝对真理。

在科学革命的这一阶段会产生很多理论，其中一些甚至会是

极其荒诞的。然而，这也是科学最具创造力的时刻之一。最终，某个新假设会脱颖而出，并且被科学界广泛接受，从而开启下一个阶段。

第三阶段：新范式

科学发展不会止步于此，而是循环往复，再一次回到第一阶段。

值得注意的是，科学界总是去努力解决异常现象，而不是试图掩盖它们。这些异常现象是推动科学进步的基本力量。假如我们不去积极面对这些异常现象而是选择隐瞒，那么带来的后果必然是延长危机，这显然是非常不明智的。

第一则寓言：猴子和香蕉

1967 年，史蒂芬带领一组科学家进行了一个实验。他们将五只猴子关进一个笼子，在笼子的中央架了把梯子，梯子顶放着一串香蕉。

很快，最聪明、行动最快的那只猴子就大胆地爬上梯子，试图拿到香蕉。这时，科学家开始向地上的四只猴子滋冰水。

如此几次之后，猴子们就推测出只要它们中有猴爬上梯子去拿香蕉，留在地上的同伴们就会遭受被冷水滋的惩罚。

意识到这一点之后，每次有猴子表现出想要爬上梯子去拿香蕉的欲望，其他猴子就会蜂拥而上将其痛打一顿，威胁它不要试图爬梯子、拿香蕉。

一段时间之后，即使面对如此诱人的香蕉，也再没有猴子敢爬梯子了。

接下来，科学家们换下了五只猴子中的一只，于是猴子队伍变成了四只被冷水滋过的猴子和一只新来的猴子。新来的猴子一看到诱人的香蕉就准备爬梯子，其他四只猴子见此情景，迅速将它拉下并一顿痛打。这只新猴子又尝试了几次，均以惨遭痛打告终，于是它放弃了爬梯子拿香蕉的想法，尽管它并不明白自己挨打的原因。

之后，原先的四只猴子中又有一只被换下，此时的猴子队伍就由三只被冷水滋过的猴子和两只新来的猴子组成。同样，新来的猴子也被香蕉吸引，试图爬上梯子，这时第一只新来的猴子立马冲上去将它拉下来痛打了一顿。

就这样，科学家们隔段时间就替下一只猴子，直到五只被冷水滋过的猴子全部被换下。尽管这时笼子里的五只猴子都未被冷水滋过，但只要看到有猴子敢爬梯子拿香蕉，其他猴还是会毫不客气地对其拳脚相加。

这则寓言让我们不禁自问：因为墨守成规，我们究竟错过了多少香蕉？

再来看一个故事，它将告诉我们信条是如何建立的。

第二则寓言：庙里的猫

印度有这样一则传统故事。

一位有名的上师在讲经的时候，附近的一只猫总是进到殿里来，很是打扰那些徒弟。于是只要开始讲经，上师就命人将猫拴在殿外的柱子上。上师去世之后，猫还是会在讲经时被拴在柱子上。再之

后，猫也去世了，于是上师忠诚的弟子们又找来一只猫，依然在讲经时把它拴在柱子上。几个世纪之后，上师的弟子们认真记录下了“讲经时将猫拴在柱子上”这一宗教仪式的重要性。

第三则寓言：土拨鼠之日

由哈罗德·雷米斯导演的好莱坞喜剧电影《土拨鼠之日》在西班牙被翻译成《今天暂时停止》。这部电影实际上就是一则图文并茂、生动有趣的寓言故事，它的寓意也与惯性思维有关。

这部电影的主人公比尔·莫瑞是一家电视台的天气预报主持人，他在 2 月 2 日那天去了宾夕法尼亚的一个小镇，那里每年的这一天都要庆祝一个叫“土拨鼠之日”的节日。根据传统，要在这天观察土拨鼠的行为，推测寒冷的冬天还有多久才能过去。

在完成了例行拍摄之后，已经有点不耐烦的主持人准备回城里去，然而却在回城的路上被大雪困住，只得留在村子里过夜。让他惊讶的是，第二天早上的广播又放了“I got you babe”这首歌。当他穿好衣服、吃过早饭、走到街上时，他意识到自己又一次回到了“土拨鼠之日”当天。

这部电影最大的成功之处在于，成千上万的观众都对主角的情况感同身受。当每天的生活都和前一天一样的时候，我们也就无法期待第二天的生活是全新的，就会有被困在时间陷阱里的感觉，每天都在重复着自己的“土拨鼠之日”。

我们都过着毫无新意的生活，被冷漠麻木和萎靡不振的气氛所包围，影片的结局给如何打破这种状态提供了很好的方法。当我们

有意识地避免随波逐流，并且开始往生活中注入改变的时候，所谓的土拨鼠之日就不再重复出现了。

对很容易让人联想到小说《三道锁的门》[①] 里的主人公，他在开启量子之旅时说了一句充满哲理的话："如果你希望不一样的事情发生，就停止重复做相同的事情吧！"

第四则寓言：大象和木桩

精神病专家、作家豪尔赫·布卡依用一则关于大象的故事，简单明了地诠释了什么是日常生活中的心理障碍。

一个小孩在马戏团看表演，他发现身躯庞大的大象在节目中展现了自己的力大无穷。但是演出过后，大象又乖乖地套上脚镣，被拴在地上的一个小木桩上。按理说，像大象这样体型的动物应该能很轻松地挣脱束缚并且逃跑的呀。

于是小孩子自言自语道："究竟是什么拴住了大象呢？它为什么不逃跑？"对于他的疑惑，家长回答说："大象没有逃跑是因为它被驯化了。"

"既然大象是被驯化过的，那为什么还要用铁链拴住它？"小孩不依不饶地问，但这次大人们也回答不出这个问题了。

很多年之后有人告诉他说，马戏团的大象在很小的时候就被拴在木桩上。起初小象不停地使劲挣扎，想要逃脱，但是都没有成功。因为在那个时候，小象还很小，对它来说这个木桩是巨大的。即便是这样，它还是一次次地试图挣脱，直到筋疲力尽。这种情况持续

---

① 原文为西班牙语 *La puerta de los tres cerrojos*，为本书作者索尼娅的另一本量子力学科普书。——编者注

了很久，最终它无能为力，接受了自己无法挣脱锁链的事实，承认了这就是它的命运。虽然小象现在已经长成一头又猛又壮的大象了，但过去的记忆让它始终认为自己没有能力挣脱，所以它也就再没有尝试过逃跑。

其实很多人也有过与大象类似的经历，比如他们曾遭遇过情场失意、求职失败、学习一门语言或一种技能时遇到障碍。如果他们永远停留在失败的记忆中不能自拔的话，就会像马戏团的大象一样，一生被拴在木桩上，不能前进。

习得性无助理论[①]

习得性无助感是美国心理学家马丁·塞利格曼提出的理论，解释了为什么人类在某些条件下会毫无反抗地接受痛苦和折磨。

20 世纪 70 年代的时候，塞利格曼就和他的团队做了一个实验。

将第一组狗装入笼子，并用笼子里的设备持续对它们电击，但是不给这组狗提供任何反抗的可能性。

将第二组狗装入同样的笼子，并让它们受到同样的电击。不同的是，这次笼子里还装有一个狗能够碰到的按钮，如果它们碰到按钮，电击就可以停止。

一段时间之后，第二组狗已经学会了如何通过触碰按钮来停止电击，第一组狗也已经习惯屈服于忍受电击。科学家制作了一

---

① 描述学习态度或心理疾患的心理学术语，主要用于实验心理学，可解释为“经过某事后学习得来的”无助感，意味着一种被动的动物消极行为（也包括了人类行为）。——译者注

个新笼子，用一个小小的台阶将它分成两半，一半带有电击装置，一半则什么都没有。

这些狗被一只只放在有电击装置的那一端。

科学家观察到，在新的笼子里，之前属于第一组的狗狗们完全没有反抗意识，它们只是蜷缩在角落里甘愿忍受着电击的折磨。而之前属于第二组的狗狗们却恰恰相反，它们在经受电击之后都能够迅速反应，最终顺利跳过小台阶，到达没有电击装置的那端。

这个实验表明，无论是积极态度还是无助感，都是可以培养的。

一个偏见：10 秒大关

只要说起关于心理障碍的研究，那么一定会提到 100 米短跑中的“10 秒大关”。

在 1968 年之前，10 秒大关一直都被认为是 100 米短跑的极限，而美国田径运动员吉姆 · 海因斯却以 9.95 秒的成绩打破了这一纪录，震惊了整个世界。在接受采访时他透露道：“我的秘诀就是把赛道想象得永无止境。”

这还不是最让人惊讶的。要知道，10 秒纪录被保持了 70 多年，在这期间举行了多次奥运会及其他赛事。但不到 9 年之后，又一位田径运动员莱昂纳德取得了 10 秒以内的成绩。5 年半之后，卡尔 · 刘易斯突破 10 秒大关，成为第三位破纪录的人。仅仅一个半月之后，卡尔文 · 史密斯也取得了 10 秒以内的好成绩。

发生了什么？很简单：运动员们证明了人类可以在 10 秒之内跑完 100 米，他们拒绝接受所谓的**绝对真理**，克服了 10 秒大关的心理障碍。

现如今，在重要赛事的 100 米跑项目中取得 10 秒以内的成绩已经稀松平常。

吉姆 · 海因斯不仅打破了根植于人们脑海中的偏见，还为未来的运动员们清除了这道心理障碍。曾经的不可能已经变成了对于可能性的挑战。

第 3 章

索尔维会议 29 人

宇宙最初更像是一个伟大的思想，而不是巨大的机器。

——詹姆士·金斯

一阵猛烈的晃动将我惊醒，原来是飞机遇到了气流。揉着睡意惺忪的眼睛，我看到坐在邻座的弗兰塞斯克正紧张地来回翻着他那个 Moleskine 文人御用笔记本。他说他高中时物理考试总是不及格，所以特别担心在我们要参加的研讨会上什么都听不懂。

“你知道吗？著名现代物理学家费曼说过，没有人可以完全理解量子力学，因此他建议那些对物质形态感兴趣的人‘放松并享受过程’就好，如果你真的试图去理解为什么自然界的形态那么奇怪，那么就会进入死胡同。他说的，‘没有人能真正完全理解量子力学’。”趁着空乘人员分发食品的时候，我安慰着弗兰塞斯克。

弗兰塞斯克笑着承认道：“我才粗略地阅读了一些现代物理的原理，但说实话，我已经没信心能学明白了，比如量子隧穿效应啊、可以同时在不同的地方出现啊……这些都太难以置信了，我根本理

解不了!”

“不是只有那些符合常理的才能被理解。尼尔斯·玻尔说过，假如一个人没有对量子力学感到迷茫，那他一定没有理解量子力学。”

“如果发现这个奇怪理论的人都这样说，那我就更不可能理解了。”

“你当然能理解啦!”我鼓励他说，“我们来到这里就是为了更加深入地了解奇幻的量子世界。”

我们喝了杯咖啡，吃了点饼干，休息了一下。

“你让我陪你来布鲁塞尔的时候，说这里是开启我们量子世界之旅的象征性地点，那这座城市到底有什么特别之处呢?”

“著名的索尔维会议就是在比利时召开的，大会上聚齐了提出量子理论的大师们。”

空乘人员开始收拾早餐餐盘，飞机马上就要降落了。

“索尔维会议之名源于比利时化学家欧内斯特·索尔维。”我解释道，“正是因为他对科学和艺术的热爱，会议才得以召开。在1911年的第一届会议上，共有24位著名的科学家受邀出席，那一届会议的主题是‘辐射与量子’。那时候，爱因斯坦是所有参会人员中第二年轻的。当然，他还不是会议上最出众的科学家，毕竟参会的科学家们还有玛丽·居里、昂利·庞加莱、普朗克、洛伦兹、郎之万、詹姆斯·金斯、卢瑟福，等等。”

“这简直是大脑的聚会!”

“是最强大脑的聚会!在这本会议手册上印着第一次索尔维会议的照片。”我指给弗兰塞斯克看，“你能认出年轻时的爱因斯坦吗?”



1911 年第一届索尔维会议

空乘人员提醒大家系好安全带，我们的飞机就要降落在布鲁塞尔了。

在我们打车去酒店的路上，弗兰塞斯克问道："也就是说，量子理论是在这次会议上被首次提出的……但是'量子'这个概念是怎么产生的呢?"

"'量子'这个词是在 1900 年由一位叫马克思 · 普朗克的科学家提出的。他是一位特别严谨的科学家，但在发现辐射完全不遵守当时所有的物理定律之后，就义无反顾地变成了一名科学革命者。"

"辐射这个问题后来怎么样了?"

"虽然辐射这个问题在 19 世纪末就被基本解释清楚了，但还是有一个无法用经典物理原理解释的东西：热辐射。在加热一个物体，比如一块金属的时候，它的电子振动速度会变快。当电子振动时，

就会散发辐射，简单来说就是会发光。这就解释了为什么金属在温度非常高的时候会变色，我们会看到它变成了红色、橙色，如果继续加热到一定程度，甚至会变成蓝色[①]。”

“这一点我可以理解，在炼铁的时候颜色确实会发生改变，纪录片里演过关于高温熔炉的内容。”

“如果你将手掌慢慢贴近脸颊，也可以感受到手掌传出的热，那也是辐射的热度。”

弗兰塞斯克试图验证我刚才的解释，将手凑近脸庞。

我继续解释道：“物理学家们试图用经典物理的理论来解释辐射的现象，但是却没有成功，这次失败被命名为‘紫外灾变’[②]。”

“听起来就像科幻片的名字一样。”

“那确实是一场灾难。根据经典物理学的一个方程，没有人可以安全地坐在壁炉前，因为放射现象会立刻将炭火的热量传出，将坐在附近的人烧焦。”

“这也太不浪漫了吧……”

“对于情侣能够安然无恙地坐在壁炉前相拥取暖而不被烧焦的原因，普朗克给出了正确的解释，但他自己却并不喜欢这个解释。”我接着弗兰塞斯克的玩笑说，“以经典物理学为理论依据的研究表明，被加热物质的电子在振动时会放射出能量。根据普朗克之前的学者们的研究成果，这个能量是持续减少的。减少的形式可以类比为小

---

① 不过我们是无法在地球上看到由于加热而变成蓝色的金属了。因为在地球上，金属一旦达到这个温度就气化挥发了。但是在宇宙中，蓝色星体的存在确实是这个现象的佐证。

② 又称瑞利－金斯灾变，指 19 世纪末 20 世纪初，用以经典物理学为背景的瑞利－金斯定律来计算黑体辐射强度与能量之间的关系，其结果与实验数据无法吻合的历史事件。——译者注

孩子荡秋千，由于与空气的摩擦，秋千会摆动得越来越小，直到最终停下来。”

我斜眼看了下弗兰塞斯克，确认他还能跟上思路：“当普朗克验证了电子的运动与经典理论不相符的时候，着实大吃一惊。他发现电子不会放射，也不会减少能量，而是组成了不可分的小能量块，这就是能量的量子化假设。这些小小的包裹，或者说是量子数，被称作‘普朗克常数’，记为 h。如果还用刚才秋千的例子解释，就可以说秋千停下来的过程是一段一段跳跃性的。”

“那就怪了，如果真的像你说的这样，为什么我们看到小孩荡秋千的时候不是一跳一顿的呢？”

“事实上就是一跳一顿的，但是这种能量的跳跃实在是太微小了，人类的眼睛无法观察到。因此在肉眼中，荡秋千的动作是连续的。”

“我不觉得发现量子力学会让人后悔呀，为什么你说普朗克发现这些之后‘大吃一惊’，并且还‘义无反顾’了呢？”

“普朗克是个典型的遵从经典物理定律的人，当他发现量子化的物理规则有悖于常理的时候，感到特别的吃惊。假如可以的话，他早就去惩罚那些不遵循牛顿定律的能量包裹了。他自己都很怀疑所谓的量子是否真的存在，还一度为量子找借口，说也许只是数学计算的问题而已。就这样，量子革命就在道歉声中到来了。”

俄罗斯套娃中最小的那个

酒店的咖啡厅里有各种各样的美食，比利时特色佳肴和各种点心琳琅满目，我们排着队取餐。

我一眼就认出，排在我们前面的是诺贝尔奖得主墨里·盖尔曼。

我立马用脚踢了踢弗兰塞斯克，并且轻轻点头给他示意。我一直认为所有人都能够轻松认出这位诺贝尔物理奖得主。

也许是我太激动、太用力了，弗兰塞斯克被我踢得没有站稳，他的汽水溅到了墨里·盖尔曼的外套上。

一场悲剧。

幸运的是，和在讲座中表现得一样，盖尔曼私下也是一个特别亲切的人，对于我们的道歉，他用写满岁月痕迹的脸报以孩子般的笑容。

“难道你没有认出他是谁吗?”我们在一个靠近窗子的地方坐下。

“认出谁啊，那个和蔼的老头儿？我根本不知道他是谁呀。”

“他就是墨里·盖尔曼啊，因为量子理论而获得了诺贝尔物理奖的。就是他提出了夸克这一概念并为其命名。”

“哈哈，人力车[①]啊！我有个朋友特别喜欢坐这种车。”弗兰塞斯克冲我挤着眼睛开玩笑。

我使劲拍了一下桌子说：“这个桌子看起来这么结实，但其实它是由原子构成的。每个原子都有一个原子核，电子就围在原子核周围运动。如果我们更深入地观察原子核的话，就会发现它们是由更小的中子和质子组成的。但是科学家们更加细致地研究了物质的组成，他们发现质子和中子也由更小的单位组成，这就是**夸克**。”

“夸克就是刚刚那个被我泼了一身汽水的和蔼老爷爷发现的?”弗兰塞斯克一边说，一边看了看在旁边桌子坐下的盖尔曼。

“完全正确！我们所看到的周围所有的物质基本上都是由夸克和电子构成的。”

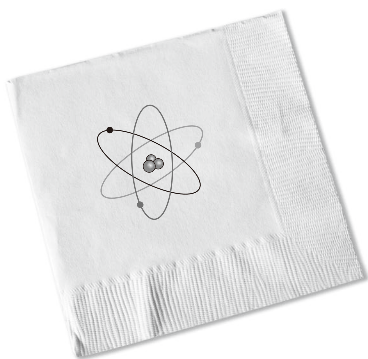
---

① 人力车（carts）和夸克（quarks）发音相似，所以引起了误解。——译者注

“你怎么知道夸克就是最小的组成单位了呢？比如说，原子就像是俄罗斯套娃一样，我们只有将它拆开，一件一件拿出它的每一层套娃，直到拿出最小的、再也打不开的那一个。但假如我们发现的粒子都是可以再分的呢？我们怎么能够保证夸克就是俄罗斯套娃里最小的那个？”

“我们不能确定夸克就是最小的物质组成单位，但是就目前的水平而言，这是我们能发现的最小单位了。”我说。

这时，弗兰塞斯克心不在焉地在他的餐巾纸上画了一个原子。



“这就是我们眼中的原子，对吧？”我接着解释，“但实际上图像是画不出来的，更别说按照大小排列顺序了。如果我们把一个原子想象成足球场那么大，原子核就像是乒乓球大小的了。如果把它放在大足球场的中央，按照这个比例，那些围绕着最小单位粒子运动的电子，体积就要比大头针的尖还要小。而足球场内其他所有的东西，比如球门、座位、草坪等，都是空的、不存在的。”[①]

“也就是说，原子的内部基本上是空的。”

① 阅读第 3 章附录，了解更多关于原子理论和量子视角的内容。

“是的，其实原子内部 99.999999999999% 都是空的！”

“太难以想象了。”

“是很难相信，但是你想想，假如我们把组成所有人类的原子——是所有住在地球上的人类——中的粒子全部挑出来，除去原子中间空着的体积，那整个人类基本上就可以被装在一个糖罐里了。”

“太神奇了！不过如果这样的话，应该会很甜。关于空，佛已经做过阐述了。同样，在《道德经》里也有一段，说的就是空的重要性。我来背给你听：

三十辐，共一毂，当其无，有车之用。

埏埴以为器，当其无，有器之用。

凿户牖以为室，当其无，有室之用。

故有之以为利，无之以为用。”[①]

“这个解释太贴切了。实际上，量子的真空就像一个高压锅，貌似里面什么都没有，但同时又什么都有。这个我们之后再深入了解。”

“真是太让人吃惊了！”弗兰塞斯克承认，“我现在四处瞧瞧，这一切看上去都是固体，但实际却基本是空的，真是难以想象……感觉真的这么具有欺骗性吗？”

“弗兰塞斯克，你真的相信你所看到的？难道不是所信才能所见？我想起了之前收到的一封很有意思的邮件。这是个简单的小游戏：你只要说出以下文字中一共出现了多少个字母 F。”

我在餐巾纸上写了些英文单词：

① 三十根辐条汇集到一根毂中的孔洞当中，有了车毂中空的地方，才有车的作用。揉和陶土做成器皿，有了器具中空的地方，才有器皿的作用。开凿门窗建造房屋，有了门窗四壁内的空虚部分，才有房屋的作用。所以，“有”给人便利，“无”发挥了它的作用。——译者注

FINISHED FILES ARE THE RESULT
OF YEARS OF SCIENTIFIC
STUDY COMBINED WITH THE
EXPERIENCE OF YEARS

“应该有三个 F 吧。”弗兰塞斯克肯定地说。

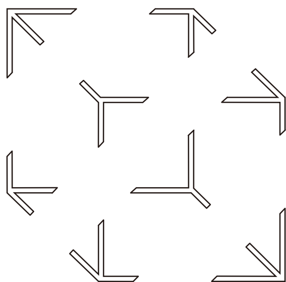
“我第一次数也觉得是三个，你现在再重新数一次看看，别忘了把单词 OF 数上，你就会发现不是三个而是六个。”

“是真的哎！怎么会这样！”

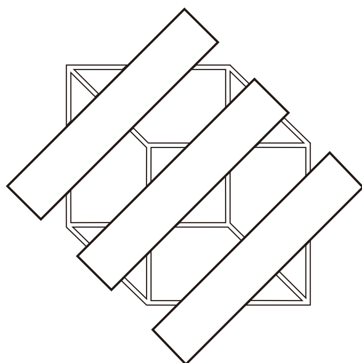
你相信你所看到的，还是看到你所相信的？

圣迭戈大学大脑与认知研究中心的研究员维莱亚努尔·拉马钱德兰和黛安·罗杰斯·拉马钱德兰研究证实，当一个物体的一部分被遮挡起来的时候，大脑是有能力想象出其完整视觉效果的。

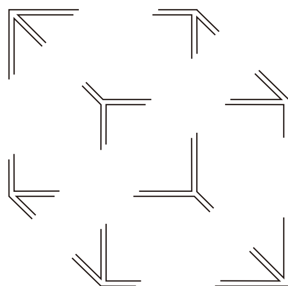
下面就是加埃塔诺·卡尼萨的图形，它是解释这一问题的最好例子。



我们在上图中看到很多“鸡爪子”的有序组合。假如给这个图形加上几条斜线，它在我们的大脑中就立刻变成了六面体。



其实更让人吃惊的是，即使不添加那几条斜线，只要稍加想象，也依然能把这个图形看作是被三条板挡住了一部分的六面体。



目前还无法确定，大脑视神经元是如何组合信息片段并且将它们连接处理成有效信息的。这一过程被命名为**模态填补**，用电脑模仿起来非常困难，甚至是不可能的，但我们的大脑却能够自然而然地实现。动物，包括人类在内，进化出这个能力的主要目的是找到藏在森林里的猎物。

当一个好朋友走近我们的时候，即便是背朝着我们，我们也可以立刻辨认出他的脸、形象、动作，等等。我们可以在一瞬间辨认百万种颜色，可以辨认味道，在被温柔地触摸后我们会战

果……这些反应在我们看来都是很容易的事，因为我们只需要睁开眼睛、打开所有的感官并让它们与世界相连，就都感觉到了。

但若想要体会到这些感受，我们需要几十亿的神经细胞迅速将这些信息传递到大脑中那些交织复杂的神经。这一过程错综复杂，直到目前为止，科学家也没能研究出结果。

纽约大学的研究员安东尼·莫扶桑说："我们可以将感官系统想象成小小科学家，他们对我们周围的世界提出疑问，比如'这种味道是什么''这是什么颜色'，等等。为了给出答案，我们的大脑会基于已有的信息猜想，最后形成假设。"

弗兰塞斯克瞟了一眼我原封不动的餐盘。一直聊着天，我已经把吃饭的事情给忘了。

"你还是吃一点吧，研讨会马上就要开始了。"弗兰塞斯克说，"而且你也不必担心摄入的能量问题了，根据刚刚我们讨论的，吃下去的东西也应该有99%是空的。"

趁着我迅速吃东西的时候，弗兰塞斯克陷入了沉思。

"给你一便士，告诉我你在想什么。"

弗兰塞斯克严肃地说："我脑子里一直想着两件事。一是假如我跟银行讲咱们刚刚讨论过的内容，也就是以粒子的角度看我的房子的话，它基本就是空的、什么都没有的，那么银行也许应该给我的贷款打点折，甚至是直接甩卖处理给我；二是，假如我坐着的椅子也几乎是空的，为什么我没有穿过它，摔在地上呢？我应该能像X战警里面的幻影猫一样，可以穿墙入室。"

"是力阻止了这些事情的发生。你笔记里面有关于自然的基本力的内容吗？"

“我记得应该是自然的四种基本力。”弗兰塞斯克说着，为这些课程派上了用场而得意满满，“这四种力是引力、电磁力、弱相互作用力和强相互作用力[①]。”

“弗兰塞斯克你太棒了！在这其中，人们最先认识的应该就是引力了。我们可以把它认为是最强大的力。正是因为它，行星才会围绕着太阳运动，盘子掉在地上才会摔碎……甚至在每天早上迷迷糊糊起床的时候，我们也能感受到它的作用。”

“我也十分相信引力是最强大的。”弗兰塞斯克确定地说。

“你可以将这个椅子抬到桌子上吗?”我指着身旁的一个椅子说。

弗兰塞斯克想都没想就将我的话付诸实践，他一只手就完成了任务。

“你刚刚证明了，仅仅用一只胳膊的力量就可以克服整个地球对这把椅子的引力。”

“这仅仅证明了我其实比看起来更强壮。”弗兰塞斯克开玩笑说。

就像一个准备表演保留节目的魔术师一样，是时候从书包里拿出那两块磁铁了。我迅速将一块磁铁放在一把金属勺子上并且把它吸了起来。

“你玩过磁铁吗？你看，这些小小的磁铁也能够克服引力。它们传递的是电磁力，也就是光和电能够产生的那种力，要比引力大几百万倍。你想想，假如我们现在到酒店楼顶，然后往楼下的花园跳，会发生什么?”

“至少会摔断腿吧。”

“如果更加细致地分析一下就会发现，是引力吸引我们掉入花园。但结果就像你说的，我们会被摔得够呛，但是却不会穿过地面

① 详情请参见第 11 章。

到达地球中心。”

“我不知道摔断腿和穿过地面到达地球中心哪个更糟糕……”

“当我们摔在地上的时候，地面原子壳上的负电荷会和我们身体的负电荷相撞，你跟得上我的思路吗？”

看到弗兰塞斯克并不十分肯定地点了点头后，我接着说：“那你现在告诉我，假如把两个同极电荷放到一起，比如把两个负电荷放在一起，会发生什么？”

“同极相斥。”

“正是如此。也就是说，地面阻止了地球要把我们吸入中心的引力，这就是我们没有穿过地面进入地球中心的原因。”

“我明白了。”弗兰塞斯克严肃地说，“这也就是我没有穿过我所坐的椅子的原因。”

“完全正确。你比阿尔法狗还聪明！椅子的负电荷和你身体的负电荷相斥，所以你才有了接触椅子并且坐在上面的感觉。”

“你是想说，我的屁股其实是没有接触到椅子的？”

“你的感觉又一次欺骗了你。你并没有坐在椅子上，而是以大约一埃[①]的距离位于椅子上方。”

“其实还是挺难理解的。”

“你从来没有试过把两块磁铁同极的一端对起来吗？你来试试。”我鼓励他用桌上的两块磁铁试试，“你看，当你将它们靠近的时候，距离越近就越费劲，对吗？现在闭上眼睛，再次慢慢地让磁铁靠近。”

当弗兰塞斯克让磁铁离得足够近的时候，我问：“你不觉得两块磁铁已经碰到一起了吗？”

---

① 1 埃 $=10^{-10}$ 米

“好像是，但是它们之间又好像有一层海绵。”

“如果你睁开眼睛，就会发现它们其实还有一点距离呢。电磁力就是造成这种感觉的原因，和刚才讲过的你坐在椅子上的感觉是一样的。”

我突然起身，在弗兰塞斯克脸上亲了一下，并发出很大的声音。

“如果严格遵守物理学原理，我们刚才并没有亲吻，因为组成我嘴唇的原子没有碰到你的脸颊。”

“可我真的是文科生……”

我们俩都笑了。

“嘿，你们俩，是来工作的还是来玩的？”

打断谈话的是我的老朋友安东尼奥，他在美国工作，主要研究领域是量子信息。

我们热情地拥抱之后，我给安东尼奥和弗兰塞斯克互相介绍。

“第一场讲座还有 5 分钟就要开始了，”安东尼奥提醒我，“你也一起来吗？”

“你不用担心我。”弗兰塞斯克说，“我还是去埃尔热博物馆吧，我想看看《丁丁历险记》里的火箭。咱们晚餐的时候见！”

上帝不掷骰子

当我和安东尼奥到达酒店餐厅的时候，弗兰塞斯克已经为大家选好位置了。

“博物馆怎么样？”安东尼奥问弗兰塞斯克。

“很棒！你们的讲座怎么样？”

安东尼奥用专业术语总结着讲座的议题，弗兰塞斯克露出了满脸的疑惑。

“哎，求求你别讲了，再讲我就不吃饭回房间了。”弗兰塞斯克说，“换个话题，我特意给大家订了这个特别的位置。”

“特别的位置？”我问。

弗兰塞斯克指着我们身边的墙说：“这个相框里是 1927 年索尔维会议的照片，在这里我是可以认出爱因斯坦的，因为他已经没有那么年轻了……”

“1927 年的会议应该是最出名的一届了。”安东尼奥羡慕地说。

“你的确选了一张好桌子！”安东尼奥肯定了弗兰塞斯克的眼光，“参加那次研讨会绝对是激动人心的。你看，照片上 29 位讲座人中有 17 位获得了诺贝尔奖，这还没提玛丽 · 居里是物理和化学两个领域的双料得主呢。”



1927 年第五届索尔维会议照片，被认为是科学史上最重要的照片

“太伟大了!”弗兰塞斯克羡慕地惊叹道。

“她简直是女性科学家的榜样!”我非常认可。

“我到现在还觉得不可思议呢!”安东尼奥补充说，“这么多伟大的科学家齐聚一堂，就好像同时把埃拉托斯特尼、开普勒、伽利略、牛顿、麦克斯韦和开尔文等经典物理学家聚在一起，给他们拍了张照片一样不可思议。”

我们三个安静了下来，一起凝视着这张照片，它记录了科学史上最了不起的时刻。仅在一瞬间，这些科学家就有可能戏剧性地改变我们的世界观。

“弗兰塞斯克，你还记得经典物理的四大原则吗?”我的问题打断了他的思考。

他迅速翻开笔记本，找到了相关的笔记。

“嗯，在这儿！第一是宇宙就像一个绝对时空中的巨大机器；第二是宇宙有限论，万物都有原因和表象；第三是能量是以波或者粒子的形式传递的；第四是科学桂冠上的一颗珍宝：客观。”

弗兰塞斯克读完，骄傲地合上笔记本。

“就是在 1927 年的研讨会上，这些科学家将这四条原则逐一推翻了。”我补充道。

“要是能穿越时间，去亲眼看一下当时的场景该多好!”安东尼奥说。

我赶紧在桌下踢了弗兰塞斯克一下，生怕他说错话。

“嗨，时间机器的事可是**绝密**!”我趁安东尼奥没有怀疑的时候小声和弗兰塞斯克说。

“这次会议最著名的趣事应该是爱因斯坦和玻尔因为量子物理而发生的争执了。”安东尼奥丝毫没有注意我们的小动作，接着

说，“爱因斯坦的名言之一‘上帝不掷骰子’，就是在那次会议上对玻尔说的，而玻尔也报以‘爱因斯坦，别去指挥上帝怎么做’的回应。”

“我一直都在想，爱因斯坦这句话到底是在说什么呢!”弗兰塞斯克说。

“爱因斯坦对新理论的研究方向很不满意。”安东尼奥解释说，“科学家们开始研究统计可能性，而不继续在因果原则的基础上做研究，爱因斯坦对这一点十分不满意。”

“我不明白你指什么……”

“根据量子力学理论，单独的粒子是很‘任性’的，我们永远无法预测它们的运动规律。我们不知道粒子在哪，只能知道粒子出现在哪的概率。”服务员上完菜我接着说，“爱因斯坦不满意的是，量子理论只是描述可能性，而不是物体本身。他说他更愿意相信，当他没有抬头看的时候，月亮也依然在天上。他曾在一封信里表达过自己的不满：如果电子受到辐射的照射后，连跳跃的时刻和方向都由它的自由意志决定，我宁愿去做补鞋匠，甚至是赌场里的雇员，也不愿意做物理学家。因此，爱因斯坦不是量子理论的预言家，而成了这一理论的异教徒。[①] 爱因斯坦到死都认为量子物理不是最后的答案。[②]”

“要是再不吃晚饭，我就要饿死了!”安东尼奥给自己倒了红酒，“你们返回巴塞罗那的飞机不是一大早起飞的吧?”

---

① 来自于路易斯·纳瓦罗·维基亚斯（Luis Navarro Veguillas）的作品 *Einstein, profeta y hereje*（《爱因斯坦，预言家还是异教徒》）。

② 来自于亚力克斯·罗维拉（Álex Rovira）和弗兰塞斯克·米拉勒斯（Francesc Miralles）关于爱因斯坦生平的作品 *La última respuesta*（《最后的答案》）。

我和弗兰塞斯克点头。

“那今晚我带你们在布鲁塞尔玩吧。我知道几个很棒的酒吧，是听音乐、喝啤酒的好地方。我可不想让弗兰塞斯克觉得研讨会上的物理学家都是无聊的人！”

“我们当然要和你一起去啦！”

在索尔维会议 29 人的目光中，我们愉快地为这个决定干杯。

第 4 章

皮格马利翁效应

不管你觉得自己行还是不行，你都是对的。

——亨利·福特

近年来，“皮格马利翁效应”很是引人关注，它指人的行为会因他人的期待而发生变化。

用更简单的话来说，一个被上级、领导信任和赏识的人，即便这种信任和赏识超出他的能力范围，他也会表现得比预期更好。反之，如果一个人得到的评价和信息都是负面的，那么他在工作中取得的成绩就会远远不如自己能力之所及。

最终的结论是，我们的行为和被赋予的期望有很大关系。让人惊异的是，这个效应也同样适用于量子物理的微观世界。不同的是，我们知道心理学的皮格马利翁效应是如何产生的，但不知道它为什么会对物理学产生影响。

从塞浦路斯国王到伊莉莎·杜利特尔

“皮格马利翁效应”的概念源于一个关于皮格马利翁的传说。他是塞浦路斯的国王，也是一位充满激情的雕刻家。奥维德在他

的作品《变形记》中讲了这样一个故事。塞浦路斯的国王皮格马利翁用象牙雕刻了一尊伽拉忒亚像。雕像十分精美，皮格马利翁甚至爱上了自己的作品。他请求众神赋予雕像生命，让自己能够得到血与肉的爱情。最终，国王的愿望得以实现，由他雕刻的女神相伴身旁。

萧伯纳在1912年写下的剧作《卖花女》就源于塞浦路斯国王皮格马利翁的传说。半个世纪之后，导演乔治·库克拍摄了根据该戏剧改编而成的音乐电影《窈窕淑女》。在这部经典的幽默电影中，教授希金斯和一位朋友打赌，说他有办法将卖花姑娘训练成一位举止端庄、谈吐文雅的淑女，并且让上流社会的人看不出她的出身。最终，希金斯教授就像塞浦路斯国王一样，爱上了自己的“作品”。

波粒二象性

几个世纪以来，关于光的研究一直受到很多伟大科学家的关注。现在就让我们讨论一下光的神秘之处。

光究竟是波还是粒子？纵观光的研究历程，两种观点都有自己的支持者。

波和粒子从特性上就有很大的差别。我们可以把波看成在空间中延展的一系列连续的浪，比如收音机中传出的声音可以传播到房子的每个角落；而粒子则像小小的玻璃球，它们在固定的、确切的空间出现。

19世纪末，“光的波性传播”这一认识占了上风。人们认为光和物质不同，只有物质才具有粒子性。

但到了 20 世纪初，随着量子物理的诞生，难题再次如海啸般涌现，直到今天还在挑战着我们的智力极限。

光的象形文字

托马斯 · 杨（1773—1829）被称为神童，他在两岁的时候就能够流畅阅读，十四岁的时候能同时学习迦勒底语、阿拉伯语、波斯语等十二种语言。

他本科学习药学，1796 年获得物理学博士学位。



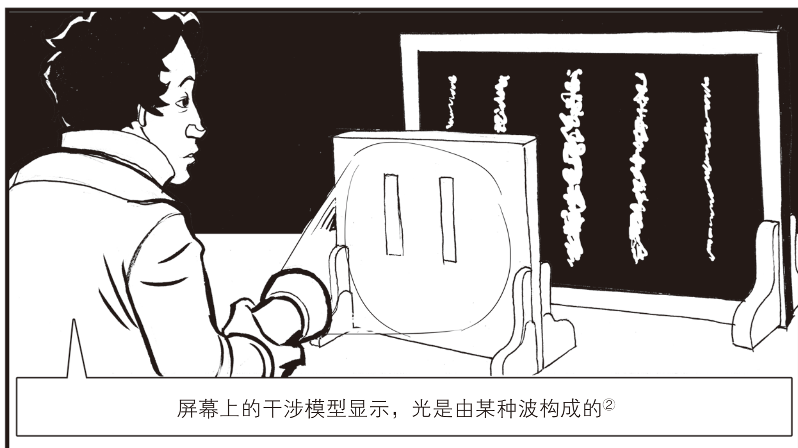
他对物理学做出了众多贡献，但我们现在重点关注他在光的波动性质这一领域的研究。

也许是由于托马斯 · 杨的语言天赋，他不仅在物理学领域研究硕果颇丰，还成功破解了罗塞塔石碑[①]上的一部分文字。

1801 年，28 岁的托马斯 · 杨做了一个实验，这就是有名的双缝

① 考古发现的一块同时刻有古埃及象形文、古埃及草书以及古希腊文三种文本的玄武岩石碑，是解密古埃及文的钥匙。——译者注

实验。牛顿认为，光是由一束细小的粒子组成的，托马斯·杨利用实验继承并发展了这一学说。①



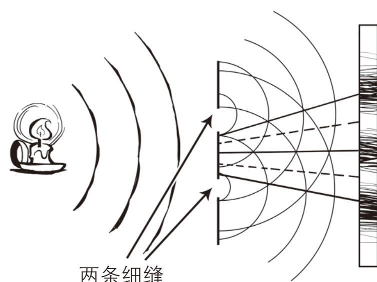
我们来看一下这个实验具体是怎么进行的，为什么托马斯·杨可以通过这个实验说明光是一种波？

首先得明确，什么是波。来想象一片水面平静的湖泊。如果朝着平静的水面扔一块石头，就会观察到以石头入水位置为中心点，向四周荡开的圈圈涟漪。

现在带着脑海中对波的理解，再看回双缝实验。在下图的左侧，可以看到一支蜡烛，它就是光源。

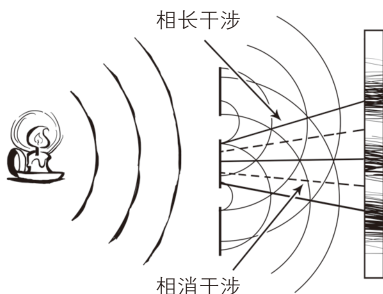
① 牛顿在《光学》中详述了光的粒子理论，认为光是由非常微小的微粒组成的。量子力学则认为光有波动和微粒二重性，称为波粒二象性。该理论中的“微粒”光子与牛顿理论中的“微粒”差别很大。——译者注

② 直到 19 世纪末，麦克斯韦的研究才证实了光是一种电磁波，与它类似的还有伽马射线、紫外线、可见光、红外线、微波和无线波。



我们画出了如水波一样的光的波纹，从而清楚**看**到了光是如何传播的。托马斯·杨在实验中让光束穿过了一块有两条缝隙的隔板。当光在传播过程中遇到了缝隙，它会怎么做？——它会**穿过**缝隙，继续“前进”。

但是，如果大家仔细看下面的图，就可以发现，当光穿过两个缝隙射到屏幕上时，留在屏幕上的图像不一样了。



光在穿过两道缝隙之后会组成更多的波，此时的两条缝隙就像两个光源一样。通过上方缝隙传过来的波会和通过下方缝隙传过来的波相遇，这时就产生了干涉现象。

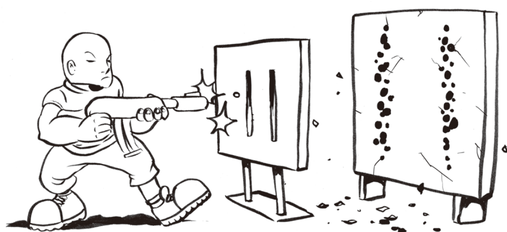
光波在一些区域是最高点与最高点相遇，也就是波峰与波峰相遇。这时候波峰就会相互叠加，产生更亮的光，这就是所谓的相长干涉。

光波在另一些区域是最高点和最低点相遇，也就是波峰与波谷相遇。这时候波峰和波谷就会相互抵消，因此在屏幕的干涉模型中，这一区域就没有光，这就是所谓的相消干涉。

于是，当光传播到大屏幕上时，我们就看到了物理学家们所说的干涉模型，它是布满整面屏幕的一系列明暗交替的垂直线。

为什么这个干涉模型可以说明光是一种波

把实验中的光束换成机关枪。如果我们拿着机关枪对着带有两条缝隙的隔板射击，穿过缝隙的子弹就会嵌在后面的墙上。



最终的结果是两条由子弹连成的直线，而不是由光波组成的明暗交替的干涉模型。

通过这个实验，年轻的托马斯·杨展示了一种让当时的人们难以接受，却也**无可辩驳**的结论：光实际上是一种波。

牛顿也曾对光的粒子性产生过怀疑，他也注意到了波的干涉。但由于他对此并不十分确信，所以最终还是倾向于光是粒子性的。

对此，牛顿理论的忠实追随者们倒是比牛顿本人更有信心，光的粒性原理也在科学界盛行了一百多年。

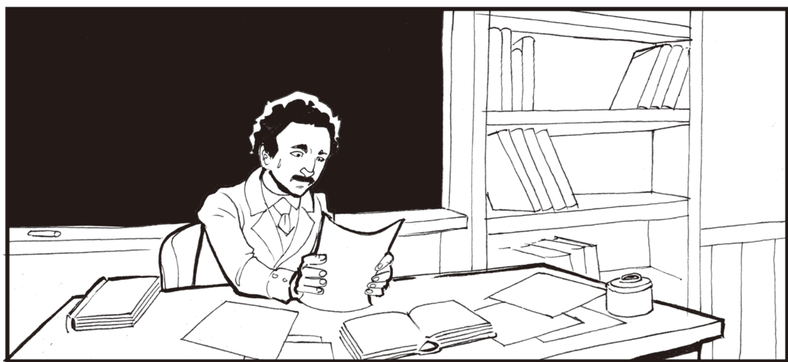
因此，托马斯·杨在介绍自己理论的时候，遭到了大多数英国科学家的抵触和质疑。



托马斯·杨的实验公开于世不久，又有很多实验证明了光的波性。最后，是麦克斯韦方程和他的电磁理论为光的粒性原理画上了句号，后文将继续讲解。

从三等鉴定员到二等鉴定员

光是一种波。1905 年，也就是双缝实验一百多年之后，这一理论才被人们所接受。这一年，瑞士专利局一位年轻的三等鉴定员发表了四篇在物理界引起轩然大波的论文，他就是爱因斯坦。



《物理学年鉴》是一本著名的科学杂志，上述论文中的前三篇都发表在同一期中。

第一篇论文的主要贡献是重新展开了对光性质的讨论，他引入了**光量子**的概念，对量子学说的发展起到了很大的推动作用。

第二篇论文是关于布朗运动的。在文章中，爱因斯坦从理论层面证明了原子的存在。从此，原子对于物理学家来说就不再仅是个“有用的概念”了。

在第三篇论文中，爱因斯坦提出了狭义相对论。

不久之后，爱因斯坦又发表了他的第四篇论文，主要讨论了质量和能量守恒问题（质能方程 $E=mc^2$ 应该是最著名的公式了）。



在爱因斯坦的博士论文中，他通过吸管中液体的流动，对液体中原子的运动统计进行过研究。论文中对物质原子特性研究的视角

① 阅读第 4 章附录，了解普朗克以及他的黑体辐射。
② 米列娃·马利奇，爱因斯坦的第一任妻子。——译者注
③ 阅读第 4 章附录，了解光电效应的基本知识。

非常清晰，使得爱因斯坦无法忽略普朗克第一次引入**能量量子**[①]概念的文章。

爱因斯坦所指的能量量子之后被命名为光子。



光由叫作光子的小粒子组成，这一理论在其后大约二十年内都不被科学界所认可，直到爱因斯坦由于对光电效应的研究，在 1922 年斩获诺贝尔奖之后的一年，量子的概念才引起学界的关注。[②]

之后我们再讲 1923 年发生了什么。

1906 年，也就是爱因斯坦发表了之前提到的三篇著名论文之后的一年，他升职了，从专利局的三等鉴定员晋升至二等鉴定员。这个奖励对于一位开启了物理学革命的人来说实在是微不足道。

① 普朗克从理论上证明了一个电子只能发射出微量能量包：**量子**。

② 爱因斯坦获得诺贝尔奖是因为他对光学研究的贡献，而不像很多人认为的是由于相对论。

实验室中的皮格马利翁效应：取悦观察者

爱因斯坦提出的，光是由基本粒子（也就是光子）组成的这一理论，没有被科学界轻易接受其实一点也不奇怪。

托马斯·杨早就用双缝实验证明了光是一种波。麦克斯韦则进一步发展了电磁波理论，广播、电报之类的实用发明才得以面世。

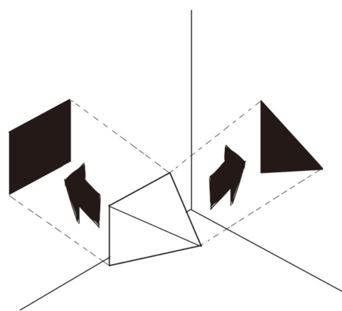
但是爱因斯坦及后人所做的实验，都证实了光同时表现为粒子性。

20 世纪初最有影响力的观点之一就是，任何东西都是由波**或者**由粒子构成的，但不可能是由波**和**粒子构成的。

那么究竟托马斯·杨和爱因斯坦谁对谁错？光究竟是波还是粒子？

答案很简单，但让人接受起来却很难：尽管看起来有点矛盾，**但以上两种观点都是正确的**。光既显示出波动性，又显示出粒子性。

更让人捉摸不透的是，当我们想问光是不是一种波的时候，我们就来做杨氏双缝实验，答案便是肯定的；当我们想问光是不是粒子的时候，我们就来做光电效应实验，答案也是肯定的。



波粒二象性图，对同一现实的两种认知

光究竟表现为波还是粒子，取决于我们所做的实验。也就是说，我们需要根据自己对光性质的期待来选择使用哪个实验来得出答案。

光的性质最终在 1924 年被揭开了神秘的面纱。这一年，德布罗意在他的博士论文答辩时提出了光和电子（那时候还被认为是物质的小颗粒）都可以同时是波和粒子。这一内容正是后两章要介绍的内容，现在我们暂时先放下粒子和波，回到这一章一开始提到的，在不同期望值影响下的人的双重行为。

期望的力量：你说是就是

阿莱克斯·罗维拉（Álex Rovira）在西班牙《国家报》上发表的文章就曾提到，我们的行为会受外在期望的影响。友好而积极的环境传递给我们的正面期望，可以让我们做得比预期更好；缺乏信任和关注的环境会使我们产生害怕失败的情绪，在这种负面情绪的影响下，我们的工作效果就会低于预期。

作者罗维拉在文章中讲了一个国际尖端技术产品公司的案例。该公司的人事部门负责人跟公司一位高中都没有读完的清洁人员说，在全公司几千人中，他是最有能力出任高级技术负责人的员工，任期为两年。不出所料，这个人不仅用比预期短的时间完成了任务，此后还继续在这个职位上做出了很多成绩。可以说测验以最好的结果告终。

罗维拉指出，皮格马利翁效应的负面影响在经济危机中也有所体现：当很多人都相信经济体系将要崩溃的时候，它就真的会崩溃。同样，医学上也有为人熟知的“安慰剂效应”——那些病人认为是对症下药的药片，实际上只是没有功效的淀粉片。为什么有时一颗

糖也可以治病？因为医生说它可以治病，病人就会相信。

博恩·崔西在 *The Psychology of Achievement* 一书中讲了一系列 20 世纪末由哈佛大学罗伯特·罗森塔尔完成的实验。这些实验是在旧金山的一所学校进行的，实验表明，老师对学生的期望值对学生的学习能力和考试得分有很大的影响。

崔西给我们讲了其中的一个实验。学期伊始，校长召集了三位老师，告诉他们，由于在教学方面的突出表现，他们被评为学校最优秀的三位老师。然后学校给他们每人指派了 30 名学生，告诉他们这些学生是学校智商测验中的佼佼者。校长说，这些智力超群的学生在精英教师的帮助下，学期末的成绩能够提升 20%~30%。

期间，老师们必须遵守一个规则：无论是对学生还是学生家长，这件事都是保密的。老师们的教学照常进行着，唯一不同的是，这些被选出来的老师知道他们负责的学生是最优秀的那 30 名。

老师们对于自己被选为精英教师以及能够负责最优秀的 30 名学生充满了期待，所以他们全身心投入到自己的课程当中。学期结束的时候，这三个班级不仅是整所学校成绩最好的班，在整个区的教学评估中也都位列榜首。

崔西告诉大家，在学期结束的时候，这三位老师与研究团队的成员们见面交流，研究员们对于老师们在教学方面取得的成绩表示祝贺。

一位老师说："今年的成绩确实不错，这些孩子们都是最聪明的，他们对学习表现出了很大的兴趣。"

研究员们与校长相视一笑，道出实情。

"现在应该告诉大家事情的真相了，这其实是我们做的一个实验。在学期初始的时候，我们随机挑选了 90 名学生，把他们随机分

成三个班级分别交给三位老师负责。也就是说，我们根本不了解这些学生的智商情况。”

“太神奇了！”一位老师说，“那为什么这些学生会取得这么好的成绩呢？”

这时另一位老师说：“当然是因为我们是这所学校最好的老师啊。”

一位研究员的话很是让大家吃惊：“其实学期开始之前，我们只是把学校所有老师的名字放在一顶帽子里抽签，你们三位是被随机抽取的。”

这个实验就是“双盲实验”，主要用来解释期望会如何改变结果。实验证明，老师对学生期望值的提升，可以使学生发挥超常的智力水平。

下一章我们将会看到，观察者偏向将如何影响被观察者。

第 5 章
薛定谔的猫：寻猫一只，既死又活

“我不能相信！”爱丽丝说。

“你不能吗？”女王温和地说，“闭上眼睛，深呼吸，再试一次。”

爱丽丝笑了。

“再试也没有用，”爱丽丝说，“一个人怎么能相信不可能的事情呢！”

“我敢说是因为你思考得还不够。”女王说，“我像你这么大的时候，每天都会思考半小时。有时候还没吃早饭，我就已经相信了六件不可能的事情了！”

——《爱丽丝镜中奇遇记》，刘易斯·卡罗尔

发件人：索尼娅

收件人：弗兰塞斯克

弗兰塞斯克，

你好！

这个星期我要去国外参加几个研讨会，不能给你上物理课了。

考虑到我们的课程正好进行到了难点（上次说到除了光，其他物质也可以表现出波粒二象性），而我又不想让你半途而废（虽然还没有讲到的知识会更难，但还是善始善终吧），所以我找了一个合适的人选，继续给你讲量子世界的主要原理之一：叠加态。

明天晚上八点在你家，怎么样？她会去找你的。

祝好！

索尼娅

PS. 我想你已经对新老师脑洞大开了吧？别担心，她人很好的。

量子仙女：量子世界最好的引路人

为了平复自己因即将到来的约会而期待不已的心情，弗兰塞斯克努力地思考着自己的第二部小说。这时，手机的闹铃声打断了他的思路，已经是 7 点 55 分了，他的神秘新老师就要到了。

“索尼娅的邮件真是太吊人胃口了。”弗兰塞斯克想，“不过本来也不该想入非非的，一个女物理老师能是什么样子呢？再特别也不可能是一个酷炫美女吧。”

弗兰塞斯克从电脑前起身，准备为即将到来的客人倒水。

烧水壶里的水正沸腾着，一只大猫突然来到他的脚边蹭来蹭去，还发出咕噜咕噜的声音。

“猫咪，你在这里干嘛呢？你是怎么进来的？”弗兰塞斯克望着大猫金色的眼睛说。

猫咪转过身子，背对着他使劲摇尾巴，好像在嘲笑他一样。然后，它突然朝厨房的墙跑去。

这只猫居然没有被撞开花——它好像会穿墙术一样，消失在了

墙里。弗兰塞斯克看得目瞪口呆。

猫居然消失了!

过了好一会儿，弗兰塞斯克终于回过神来，这才看到已经站在他面前的女孩。

这个女孩比他稍微矮一些，棕色皮肤黑头发，长着东方人那样细细长长的深色眼睛。她穿着一条紧身丝质连衣裙，腰带扣上有一个奇怪的希腊符号。



女孩儿冲弗兰塞斯克莞尔一笑，圆润的嘴唇之间露出洁白的牙齿。她的身上散发出一阵迷人的花香。

这绝对是他见过的最漂亮的女孩，没有之一!

弗兰塞斯克陶醉于女孩的美丽之中，过了一会儿才看清她手里还拿着一支细细的水晶仙女棒。

女孩一边放下仙女棒，一边带着轻蔑的口吻说:“嗨，看什么呢！口水都要流下来了吧!”

面对这名不速之客，弗兰塞斯克突然不知道自己是应该不好意思，还是应该害怕了。

“你是怎么进来的?”

“这不重要。我就是量子仙女，朋友们都叫我乔娜，索尼娅让我来给你上课。”

“什么，你是仙女？你不是在开玩笑吧?”

“你应该明白，用这样的方式去质疑一名仙女是很没有教养的行为!”乔娜气愤地转过身去。

于是，弗兰塞斯克看到了乔娜背上那两只美丽的翅膀。

“你的道具真是太精致了，我都开始相信那两只翅膀是真的了。”弗兰塞斯克惊羡地说。

“简直是侮辱人！你知道我是费了多大劲儿才得到这对翅膀的吗？像你这样的，我看就算博士毕业，你也不可能得到翅膀！”

“就算我博士毕业……你说哪个专业的博士毕业啊？”

这个女孩确实很漂亮，但弗兰塞斯克还是怀疑她的头脑是否清醒。

“还是拿上手机吧，万一需要报警呢？”弗兰塞斯克寻思着。

“你是装傻呀还是真傻呀，我可是作为量子仙女毕业的博士呢。”乔娜骄傲地说，“尽管我现在的工作还只是量子世界的导游，但我已经晋升职称了。”

“哦，我知道了……”尽管不明所以，但弗兰塞斯克还是这么附和道，想着，“她是神经病吧！”

“老古董，我们还是赶紧开始吧，还有很多事情要做呢！”

弗兰塞斯克看着自己最新款的裤子，不明白乔娜为什么会这样称呼他。

“用这个把眼睛蒙上！”乔娜递给他一条围巾，“你还是不要看到即将发生的事情比较好。放心吧，不疼，但是你会有点头晕。”

尽管耳边有个声音一直告诉他应该立刻把这个神经病赶出家门，但弗兰塞斯克想起了索尼娅的邮件，还是决定照这位“客人”的要求去做。

乔娜拉起他的手，他立刻感觉从头到脚一阵冷战，汗毛都立起来了。紧接着，他又感到一阵难受的撕扯，好像有人在他的胃里推来挤去，接下来便是恶心想吐了。

“原子级的，是吧！”乔娜在一旁说，“我们到了，你可以摘下眼罩了。”

“到了？到哪了？我们不是还没出家门呢吗？”弗兰塞斯克一边解眼罩一边说。

他们已经不在弗兰塞斯克家温暖的厨房里了。

他们出现在一个山坡上。

“欢迎来到量子的世界！”

叠加态原理[①]

他们从山坡上可以看到远处一座山的山顶。那山看起来不高，假如不是一个由栅栏和围墙组成巨大迷宫横亘在眼前的话，走到那里应该用不了一个小时。

通向山顶的路弯弯曲曲，在地上画出奇怪的图形，没有任何线索可以告诉他们哪条路才是正确的。

“看到那座小山了吗？那是迷宫的中心。”乔娜指给弗兰塞斯克看，“如果想要从量子世界回到你家，我们就得走到那儿去。”

“回到我家？你是说我被困住了吗？”弗兰塞斯克脑内警钟大响，抬手在胳膊上使劲掐了一下，想看看自己是不是在做梦。

“你还想怎样？我才刚刚博士毕业，所以还没什么经验呢，我们

① 叠加态原理：一种线性组合，是薛定谔方程的解具有的性质。在量子力学中，假若一个量子系统的量子态可以是几种不同量子态中的任意一种，则它们的归一化线性组合也可以是其量子态。在本书中指在岔路口可以同时选择两条路。——译者注

能够顺利地通过量子隐形传送[①]来到这里已经很不错了。但如果想再次隐形传送还得等几天，因为我的翅膀得‘充充电’，才能恢复能量。”

“量子隐形传送！我们就是这样来到这里的？”

“当然了，不然你以为我们是怎么用一眨眼的工夫就来到量子世界的？现在还是不给你讲这些细节了，索尼娅让我帮你弄明白什么是叠加态原理。”

为了确定自己不是在做梦，弗兰塞斯克又狠狠地掐了一下自己的胳膊。

“这迷宫也太复杂了吧！”弗兰塞斯克看着迷宫说。

“不用担心，选择路程远远比到达更重要。”乔娜笑着补充说，“很快你就会发现，这句话用在咱们现在的情况是再合适不过的啦。”

于是，我们的两位主人公就一刻不耽误地进入迷宫了。

他们刚刚进入大门，就迎来了第一个困难。他们面前只有一条横向的通道，看看左边，没有尽头，再看看右边，也没有尽头……甚至没有转弯、没有拐角，什么都没有。

“我不明白，这条路上既没有转弯也没有拐角，那我们怎么能够到达迷宫的中心呢？”弗兰塞斯克不知所措地问。

“这个迷宫可了不得！”乔娜那赞扬的语气就好像迷宫是有生命的一样，“这里的一切都和看起来不一样。迷宫就在墙的后面，你很快就会看到了。”

弗兰塞斯克摸了摸眼前这堵墙。它太高太结实了，根本不可能

---

① 量子遥传，又称量子隐形传输、量子隐形传态，是一种利用量子缠结来传送量子态至任意距离的技术。——译者注

翻过去，也不可能把它推倒。

“也就是说我们迷路了呗，除非你能用仙女棒施个魔法。”

这时候，有个圆圆的东西忽然向他们跑过来。小东西移动得特别快，就像拍照时没有对好焦拍出的重影一样，让人分不清到底是什么。这团重影跑到他们面前的时候减慢了速度，但让弗兰塞斯克惊奇的是，重影变得更加模糊了。他以为是什么东西模糊了自己的视线，于是使劲闭上眼睛，又重新睁开，但是重影依然是很模糊的样子[①]。

“嗨，乔娜！”重影小球还没在他们眼前停稳，就冲乔娜喊道，“很高兴见到你！”。

“我也很高兴见到你，电子！你去迷宫中心吗？”

“是的，我想以更大的能量来运行！”

随后，弗兰塞斯克目瞪口呆地看着电子提速，冲向了墙壁。它撞在了墙上，被弹了回来，然后又试了一次，这一次成功了——电子穿过了墙壁！

“现在轮到我们了。”乔娜一脸坏笑地说。

弗兰塞斯克一脸困惑地看着乔娜，猜不准她是不是在开玩笑。

“在量子世界里，电子刚刚做的事情叫作量子隧穿[②]。在这里，我们有时候是可以穿过墙壁的。量子世界和现实世界的区别就是，在现实世界里，你穿过墙壁的可能性实在太小了，或者说几乎为零。在现实世界里，穿过墙壁大约需要很长时间，也许在成功之前，你

① 根据维尔纳·海森堡的测不准原理，我们无法同时准确判断电子的位置和速度，所以弗兰塞斯克看到的是模糊的重影。

② 源于“量子隧穿效应”，是一种量子特性，指电子等微观粒子能够穿过它们本来无法通过的“墙壁”的现象。在本书中指弗兰塞斯克穿过墙壁。——译者注

的骨头已经撞断了。”

弗兰塞斯克耸了耸眉毛，表现出一副不相信的样子。

“怎么样，你敢试试吗？”乔娜略带嘲讽地说，“墙没有想象的那么厚，最坏的结果就是被撞疼而已。”

弗兰塞斯克觉得有点被刺激到了，便接受了这个挑战。他心里想，如果一个电子都可以隧穿，那么他应该也能做到。

他咬紧牙关，冲向墙壁。为了不伤着自己，他抱紧了肩膀，但是却没有撞击的感觉。

弗兰塞斯克居然穿过了墙壁！

“哇，很少有人第一次隧穿就能成功！这应该就是所谓的新手运气好吧。”随即隧穿过来的乔娜说。

一个错综复杂的迷宫出现在他们面前，两人没有犹豫，直接走了进去。

“乔娜，叠加态原理到底是什么？”

“你看，在现实世界里，事物有好有坏，一个杯子可以是满的也可以是空的，当你看到岔路的时候，你可以选择走左边的路或者走右边的路……但是在量子世界，这些可能性都是同时存在的。如果有两条岔路，你不是只能选择走左边的路或者右边的路，而是可以选择同时走左边和右边。一个东西可以同时出现在两个地方，或者同时以两种状态出现……”

“我完全不明白，也就是说一切都是同时发生的？”

“在量子世界里，若未禁止皆必须。也就是说，假如你是个足球运动员，要在世界杯的决赛局罚球。在现实世界里，这个罚球要么是进了要么是没进，也就是说你只能是赢了或者是输了。但是在量子世界里，输和赢同时存在，因为这里所有的可能性都是共存的。”

弗兰塞斯克安静了几秒钟，想要消化一下乔娜的话。这时，他看到了那只在他家厨房突然出现又突然消失的猫——它正在他们脚边玩呢。

“我知道这些情况对于你来说还是太奇怪了，但是所有发生在量子世界里的事情也是遵循一定规律的。当然了，即便是这些规律，也会让现实世界的人感到不可思议。”乔娜继续说，“你或许可以把量子世界想象成在两个平行的宇宙，我看很多人类的漫画都是这么说的。看到我们眼前的岔路口了么？”

在乔娜和弗兰塞斯克面前有两条岔路，这刚好就是到达迷宫中心的必经之路。

乔娜继续解释：“你想象一下，就好像是我们在一个世界中选择了右边的路，而在另一个世界中选择了左边的路，而这两个世界是平行存在的。所谓的叠加态也是这两个世界的重合。两件事情同时发生，也可以说，我们同时选择了两条路。”

“这对于有选择困难症的人来说简直太棒了！”

“也不能这么说。叠加态只存在于叠加的物体被观察之前。只要物体被观察，它就不再处于叠加状态了，这一现象的专业术语是塌缩[①]。人类是看不见物体的叠加态的。”

“我觉得我又搞不明白了。”

“最好还是去亲身感受一下。”乔娜一边说一边拿起仙女棒。

仙女棒发出一阵强光，眨眼之间，弗兰塞斯克变成了两个弗兰塞斯克。

乔娜拉起其中一个弗兰塞斯克的手，一边和另外一个弗兰塞斯

① 源于“叠加态塌缩”，在量子力学中，由测量导致，指粒子被观测后，由叠加态变成了确定态。——译者注

克道别，一边嘱咐说：“我和这个弗兰塞斯克走右边的路，薛定谔的猫陪你走左边的路。”

这时，那只神秘的猫出现在第二个弗兰塞斯克身边。

右边的路

在乔娜的陪伴下，第一个弗兰塞斯克踏上了旅程。

“我还是不太明白量子世界是怎么回事，都疯了！”弗兰塞斯克抱怨着。

“文科男，你先别急，你觉得一切都很不可思议是吗？这太正常了。”仙女安慰他，“其实，我觉得你做得没那么糟。你看，你的量子隧穿不就是原子级的嘛！”

“呵呵，谢谢你，乔娜，但其实我还是不明白叠加态到底是一种什么状态？还有，它为什么会塌缩呢，是怎么塌缩的呢？”

“我们举个例子吧。”乔娜说着，挥动仙女棒变出了一个骰盅和一只骰子。她问弗兰塞斯克：“你玩过掷骰子吗？”

乔娜摇了摇装着骰子的骰盅，然后把它倒扣在地上。为了制造气氛，她故弄玄虚一番，特意等了几秒才掀开骰盅，露出的骰子点数是 6。

仙女说：“你来说说，发生了什么？”

弗兰塞斯克耸耸肩膀，还是不明白乔娜想干嘛。

“看来都得指望我。”仙女嘟囔着说：“按照传统经验，根据你已有的物理学知识进行预判，当骰盅还扣在地上的时候，骰子的点数就已经是 6 了。你之所以当时不知道，只是因为还没有亲眼看到。”

“对，你说的没错，到这儿为止我还能听明白。”

“好。但是在量子世界里，游戏规则可不一样。”说着，乔娜又一次掷了骰子并将骰盅倒扣在地上，“现在，如果我不掀起骰盅，那么骰子可能是 1、可能是 2、可能是 3，可能是 6 个数中的任何一个，所有的可能性都同时存在。”

说完她揭开骰盅，弗兰塞斯克看到点数还是 6。

乔娜继续解释说：“我们掀起盒子、看到骰子的瞬间，就是所有可能性转变成唯一现实的时候。也就是说，在所有的可能性当中，6 是唯一幸存下来的。在量子世界里，在岔路口前，物体可以同时走上两条岔路。但在经典世界，如果你想看看量子世界的物体到底是怎么同时走两条岔路的，只要你一伸头‘看’，物体走哪条岔路就被‘决定’好了。”

“这样说来，这也就是现在发生在我身上的事：一条岔路上是我和你，另一条岔路上是另一个弗兰塞斯克。但既然人类无法看到叠加态，为什么我却能身处其中呢？”

“这就是和量子仙女在一起的好处呀。”乔娜向他抛了个媚眼，“好了，弗兰塞斯克，我们已经到达迷宫中心了。叠加态该塌缩了，你和另一个弗兰塞斯克只能留下一个。”

乔娜举起仙女棒，又出现一片光芒。

左边的路

在神秘猫的陪伴下，第二个弗兰塞斯克踏上了旅程。

“我还是不太明白量子世界是怎么回事，都疯了！”弗兰塞斯克抱怨着。

“我能理解你现在思维混乱，”猫说，“但是你要记得那句古话：‘如果你提问，你只在提问时被当成傻瓜；如果你有问题不问，那么你一辈子都是傻瓜。’千万不要错过任何一个学习的机会哟。”

“简直神了！”弗兰塞斯克惊讶地说，“这里连猫都会说话，甚至还给人讲道理……你也是研究叠加态的专家吗？”

“我应该是四条腿走路的动物里最好的例子了。我在这个世界可是很出名的。”猫朝墙的方向努努嘴补充道，“你仔细看看墙上的海报。”

弗兰塞斯克抬起头，看到海报上赫然写着。



“他们为什么要找你呢？”弗兰塞斯克奇怪地问，“你也不像危险

分子啊，难道你犯什么罪了？而且寻猫启事里还有个印刷错误呢！不应该是既死又活，而应该是或活或死。”

“你错了，这则启事的玄妙之处就在这里，我是以生和死的叠加态存在的。给你讲讲我的故事吧，我就是薛定谔的猫[①]。在很久以前的一个量子物理实验中，人们把我装进了一个不透明的盒子里。盒子上连一个洞都没有，就为了不让外面的人看到里面的情况。盒子里还有一个装有毒物的小瓶子，与一个装置相连接，这个装置可能使小瓶子破裂从而让毒物外泄。”

“可怜的猫！有人放出毒气了吗？”

“问题来了！这个装置其实是通过量子现象控制的，实验的设计者将这个量子放出，它可能向两个方向运动。如果它向左边运动，装置内的放射性原子裂变将触发机关，装置会被启动，装有毒物的小瓶子就会碎裂。”

“也就是说你会被杀死。”

“完全正确！但如果量子向右边运动，那么装置就不会被启动。”

“这样你就会活着。”

“你明白这一切引发的问题了吗？”

“什么问题？你要去动物保护协会控告他们吗？”

“哇，我还真没想到！咱们继续说刚才的实验。因为这是一个关于量子的实验，所以这个量子不是向左边运动**或者**向右边运动，而是引发了一种假设：**既**向左边运动，**又**向右边运动。”

---

① 奥地利物理学者埃尔温·薛定谔于 1935 年提出的一个思想实验，试图从宏观尺度阐述微观尺度的量子叠加原理，巧妙地把微观物质在观测后是粒子还是波的存在形式和宏观的猫联系起来，以此求证观测介入时量子的存在形式。随着量子物理学的发展，薛定谔的猫还延伸出了平行宇宙等物理问题和哲学争议。——译者注

“就像乔娜对我们做的一样！那么你的结局到底是怎样的呢？”

“量子既向左边运动，又向右边运动，因此装置就既被启动，又没有被启动，所以我也就处于生与死的叠加态了。但假如有人打开盒子，就会看到活的或者死的我，因为人类是无法看到叠加态的。只要盒子被打开，叠加态塌缩，就只存在一种可能性了。在你们人类的世界里，猫是不可能既死又活的，但在我们量子力学的世界里却可以。”

弗兰塞斯克试图想象出那个奇怪的实验，于是问：“最后发生了什么？你活下来了吗？”

“哪有这么简单！科学家们都为实验而震惊着，没有人记得来打开盒子。所以我就成为现在这个状态了……我留在量子世界中，处于叠加态，我将永远既死又活了。”

“其实情况也没有那么糟，这样你就永生了！”

“是同时永生或者永死好么！”

“太奇怪了！”

“你要记住，量子世界里的事情不是或黑或白，而是既黑又白。”

这时远处传来了乔娜的声音。

“好了，弗兰塞斯克，我们已经到达迷宫中心了。叠加态该塌缩了，你和另一个弗兰塞斯克只能留下一个。”

突然，弗兰塞斯克发现左边路上的场景都消失了。一瞬间之后，他又站在了乔娜的身边，依稀记得他们一起玩过掷骰子的游戏。

迷宫的中心

弗兰塞斯克感觉有点不知所措，几秒钟之后才回过神来。

“你塌缩得怎么样了？”仙女问。

“我感觉……还好……”弗兰塞斯克并不十分确定地说，“我还在回味刚才在我跟你以及薛定谔的猫之间发生的一切。”

弗兰塞斯克和乔娜站在一个小广场上，广场的中心有一个显眼的椭圆大镜子。让弗兰塞斯克吃惊的是，他在镜子里看到的不是自己，而是索尼娅在他家厨房正拿茶壶烧着热水。

“时间到了，你得返回你的世界了。”乔娜打断他的思绪，“如果你现在还有什么不明白的，抓紧时间问吧。”

“如果我开始问的话，可能永远都问不完……我想先问一个关于掷骰子游戏的问题。”

“快说！”乔娜一边说着，一边又变出了骰盅和骰子。

“你说在量子的世界，掷了骰子之后，在掀开盖子之前，骰子是同时显示 6 个数字的……”

“没错，所有的可能性都是同时存在的。”仙女首肯道。

“但是，怎么说呢，我不是想冒犯你或者和你唱反调，但我怎么知道你说的就是事实，而不是信口开河呢？很有可能骰子的点数就是 6，而你编造出了点数是所有数字的谎话。”

“你没有盲目地信任我，这一点让我很难过。”乔娜笑着说，“但你是一个怀疑论者，这一点很好。你的头脑远比你自己想象的更有科学意识！实验室是有办法证明骰子是同时显示所有点数的叠加态的，这就是双缝实验。”

“索尼娅以前给我讲过一些托马斯·杨的这个实验。”

“没错，就是这个实验。现在你应该让她给你讲讲这个实验的量子力学版。在这个实验当中，你可以‘看到’骰子是如何同时显示所有点数的。对不起，我们的时间到了，你的量子世界冒险之旅结束了。”

“我们还会再见的，对吗？”弗兰塞斯克依依不舍地和仙女告别，还紧紧拥抱了她。

“肯定会的，而且会比你预期的快！”

弗兰塞斯克走到镜子跟前，毫不犹豫地隧穿回自己的世界。

再进量子早餐

索尼娅坐在厨房的桌子旁，手里端着两杯冒着热气的茶。

“和乔娜的冒险之旅怎么样？”索尼娅一边给弗兰塞斯克递茶一边问。

“我从来没有经历过原子级别的旅行！我现在还在怀疑这一切是不是一场梦。”

“乔娜是个迷人的仙女。”索尼娅笑着补充说。

“哦，对了，索尼娅，你也会隧穿吗？”弗兰塞斯克一本正经地问。

“不会啊，当然不会。你为什么要问这个？”

“那你是怎么进到我家的？”

“我敲了很长时间的门，但是没有人应答。”索尼娅一边给弗兰塞斯克搬了把椅子一边说，“我用你藏在门口地垫下面的钥匙开的门。我得说一下，你钥匙藏得太不隐蔽了。我是从机场直接过来的，

要不我请你去吃早餐吧，你顺便给我讲讲你学到了什么。”

“吃早餐?”弗兰塞斯克奇怪地问，“可是我只出去了两个小时而已啊。”

“量子世界的时间概念和人类世界是不一样的，现在是早上八点钟。”

“好吧，今天的量子早餐应该我请你吃，我有个东西想请你帮我转交给乔娜。”

弗兰塞斯克走到他的电脑前，在文档中找了一会儿之后，打印出一页纸。

“这是我想送给仙女的一个寓言故事。”

硬币与命运

有一个禅宗故事，讲述了我们应该如何面对逆境中的各种可能性。

据说在一场重要战争中，一位将军决定要发动进攻。虽然他的军队在人数上完全不占优势，但他依然坚信能够赢得胜利，不过他的士兵却对此表示怀疑。

在上战场的途中，他们路过一座神庙。将军和他的军队一起停下来祈祷，然后拿出一枚硬币大声说:“现在我抛起这枚硬币，如果落下来正面朝上，就说明我们能获胜；如果反面朝上，就说明我们会失败。命运即将揭晓。”

将军将硬币抛向空中，所有人都焦虑地注视着。硬币落下来了，是正面。

看到这个结果，士兵们立马士气大振，充满了必胜的信心。他

们奋勇作战，最终打败了敌人，赢得了胜利。

战斗结束后，一个中尉对将军说："没有人可以改变命运。"

"完全正确!"将军一边回答，一边给中尉看了他的硬币：两面的图案是一样的，也就是说，两边都是正面。

这则寓言的寓意再明白不过了。在量子世界中，我们不能选择到底是哪种可能性坍缩；但在人类行为中，态度总是处于能力之上，而我们才是自己命运的掌舵人。

第 6 章
真相的影子

不要因为害怕理性主义者的嘲讽而停止寻找困境的出口。

——埃尔温·薛定谔

叠加态原理着实让人们茫然无措，但我们就从未臆想过一个**量子**弹珠可以同时走上两条不同的路吗？

在量子的世界里，乔娜用一个骰盅和一个骰子演示了何为叠加态[①]。在逻辑习惯的影响下，我们不相信在掀开骰盅之前，点数可能同时是 1、是 2、是 3……是 6 个数中的任何一个。只有当骰盅被掀开，那些共存的可能性才会塌缩成我们看到的那个唯一的数，比如 6。

弗兰塞斯克问了一个情理之中的问题："我为什么要相信你？常识告诉我，在你掀开骰盅之前，骰子就已经显示是 6 了。只是在盖子掀开之前，我们无法看到这个事实罢了，但是那个 6 早就已经在那里了！"

在告别之前，量子仙女提醒过他，在现实世界中，可以在实验

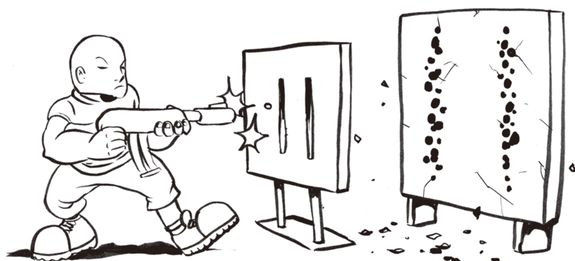
① 详情请参见第 5 章。

室里实现骰子的叠加态；也就是说，用一个实验来证实骰子其实是同时显示了六个数的。这个实验就是量子版的双缝实验。

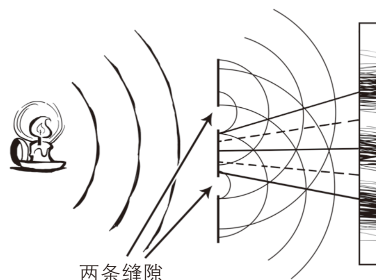
“量子版”双缝实验

通过传统的双缝实验，我们了解了波和粒子的不同行为特征。

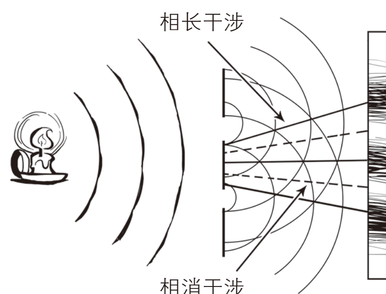
当我们让粒子（比如机关枪射出的子弹）穿过带有两条缝隙的隔板的时候，在后面的墙上出现了一张很简单的图像：由嵌在墙上的子弹组成的两条竖线。



如果把穿过两条缝隙的粒子换成波，得到的结果就截然不同了：在后面的墙上得到了明暗交替的干涉条纹。



正如第 4 章介绍的，在后面的墙上，受到相长干涉的波会形成亮度很强的光纹，而受到相消干涉的波则会形成暗纹。于是，满墙明暗交替的干涉条纹就形成了。



目前看来是很好理解，但当我们进入到小小的量子世界之后，究竟会发生什么？

我们现在就再做一次这个实验，但要把发射出去的子弹换成电子束。

我们的理论依据是，电子是微小的物质块，就像微型弹珠一样。我们期待得到的是一幅类似发射子弹时得到的图像：两条嵌在墙上的竖线。

但是科学家们得到的实验结果与想象的相去甚远。最后在墙上出现的是一幅干涉条纹，情况和以波为实验对象时的一样。怎么会这样？

科学家们认为，也许发射出的电子之间互相以某种模式产生了撞击，从而生成了这个无法解释的干涉条纹。为了排除这种可能性，科学家们决定再做一次实验。这一次他们将电子逐个发射，让它们穿过缝隙，从而避免电子间的撞击。

几分钟之后，当发射的电子数量已经足够多了，科学家们在墙上看到了与之前实验结果一样的干涉条纹。

这一结果让科学家们目瞪口呆，对于这一现象的唯一解释也非常令人难以置信：每一粒电子在穿过缝隙时就会具有波的性质，它会同时穿过隔板上的两条缝隙（就好像复制了自己一样），之后自己和自己产生干涉，最终在墙上留下了干涉条纹。

这就是为什么即便逐一发射电子、让它们穿过缝隙，依然能够得到干涉条纹的原因。

科学家们仍然无法对此现象做出解释，因此他们决定安装一台装置，用来监测这小小的粒子究竟是如何同时穿过两条缝隙的。①

正是此刻，量子世界迎来了一次重大飞跃。仅仅是观察或者测量这一简单的行为，就会使电子不能同时穿过两条缝隙，而是像机关枪子弹一样，只穿过一条缝隙。自然是遵循着某些法则的，尽管我们不一定完全理解这些法则，于是这次墙上的实验结果就不是干涉条纹，而是两条竖直的线。

实验结果骤然发生变化。

但如果去掉测量设备，电子还是会显示出波的特性，同时穿过两条缝隙。

就像乔娜手中的量子骰子一样，所有的可能性都是并存的。这个实验中产生的干涉条纹就是对于叠加态的一个说明。

但假如我们选择安装一台测量设备来观察电子究竟从哪条缝隙穿过，这时的可能性就只有一种了：电子或是穿过左边的缝隙，或

---

① 第二部分的实验就是著名的**思想实验**。这类实验靠想象完成，不需要在实验室内进行。

是穿过右边的缝隙，但绝不会同时穿过两条缝隙。电子的可能性塌缩成唯一。更准确地说，是电子所具有的波的特性塌缩成我们看到的这一幕。正如乔娜掀起骰盅，我们观察骰子，就看到了骰子决定让我们看到的那个数字。

观察和测量彻底改变了电子的属性和运动轨迹，因此墙上也就出现了不一样的图案。

针对这一实验，通常会有以下三个问题。

(1) 自然界为什么会产生这么奇怪的现象？

有关这一问题，我们的建议是听听查理 · 费曼的话："不要为这个问题所困，这就像进入了一条至今为止还没人能走出的死胡同。"

(2) 我们可以任性地创造现实，强迫自然按照我们的意愿运行吗？

有的时候，这一实验会被用作证明人类是创造者、有能力按照自己的意愿负责设计现实的科学举证。

这里出现了一个由于疏忽而犯的错误。我们在这个实验中看到，**观察**确实**影响了**电子的表现。在我们决定是否安装测量设备的时候，也就决定了电子的哪一种特性会变成现实：电子或者同时穿过两条缝隙（显示波的特性从而产生干涉条纹），或者只穿过一条缝隙（显示粒子的特性从而产生两条竖线）。

但有种巨大的局限性却不容忽视：就算我们选择了观察电子的行为，以此来影响它显示粒子特性，它也不会按照我们的意愿穿过我们指定的缝隙。这时电子确实展示了粒子特性，一次只穿过一条缝隙，但至于是哪一条缝隙就不一定了。

这完全是随机的。

我们完全无法预知，也无法控制电子穿过哪条缝隙（无论观察者有多么强烈的意愿想要替它做出决定）。

同样，如果我们选择了不观察电子的行为，那么我们就根本不会对任何电子产生任何影响，自然也不会影响它们最终产生的干涉条纹。

这两种实验结果都是随机的。

这一研究成果直接炮轰牛顿物理的主要理论——决定论。

量子物理是非决定论的。

爱因斯坦很不喜欢量子世界的随机性。他认为一定是什么特定的原因，使得电子选择了这条路而不是那条路（爱因斯坦的著名言论“上帝不掷骰子”就是在说这个现象）。

赛末点——机遇和命运

伍迪·艾伦导演的电影《赛末点》里有这样一段画外音。

> “比起成为好人，我更愿意成为一个幸运的人”，说这句话的人对生活有着深刻的认识。人们害怕承认人生的绝大部分都由命运决定，只要想到这么漫长的人生都不受自己控制，恐惧就油然而生。网球比赛中有时会打出擦网球，球有可能擦网而过，也有可能被网拦下。如果幸运的话，球就擦网而过，那你就赢了；但球也可能就此被拦下，那你就输了。

这段话道出了随机性对于主人公的生活有多么重要。由于输掉了一场关键赛事，主人公成了上层社会一家俱乐部的教练。因祸得福，他得以混迹于上层社会，甚至娶了一位身价百万的女郎，“麻雀变凤凰”。同时，他曾经犯下的罪证也免于被发现。

在整个过程当中，为了不为自己做过的决定承担后果，主人公好像一直都躲在“偶然”这个借口中。

但使爱因斯坦不安的并不是自然所表现出的随机性，而是一种和第三个问题紧密相连的事物。

(3) 量子是在否认一个物理事实，还是我们只是不知道存在这样一个事实？

爱因斯坦肯定地说："一个粒子应该具有不受测量影响的属性。也就是说，即使一个电子没在被观察或者测量，它的轨道、位置以及其他特点也一直存在。我愿意相信，当我不在看的时候，月亮也依然在天上。"

但是流传最广的关于量子力学的解释表明，在没被观察或者测量的情况下，基本粒子的特性是不确定的。

我们一般都相信，看到一个物体之后，即便我们不再看它，它也依然在那里，仍然保持着它的位置、颜色、触感，等等。也就是说，即便没有被观察和测量，物体都具有它确定的属性。

但是在量子层面，规则就不是这样的了。只要没被观察或者测量，我们就无法知道电子的状态。①

自然界究竟想用这一切告诉我们什么？

量子力学没有做出任何解释，但却预言了即将发生的事情（正是这样，我们才能发展出现在的技术）。量子物理也许不是最后的答案，爱因斯坦就是这样认为的。也正是在寻找答案的过程中，他发现了另外一个量子世界中让人瞠目结舌的现象：量子纠缠。②

---

① 如果你现在还没有被波的叠加态与塌缩搞晕的话，可以在第 7 章附录中看到另外一个例子。

② 具体内容见第 7 章。

现实博物馆

柏拉图通过洞穴隐喻，描述了人们如何将影子当作是一个更高级世界的真实存在：思想的世界。这种看待现实的形而上学视角在很多宗教中都有体现，例如基督教认为，在现实世界的基础上，上帝和他的预言家们建立了一个更高级的王国。

17 世纪时，笛卡儿用“我思故我在”描述了一个重要的新观点：能够思考现实本身就是一个现实，我们不需要任何人为我们证明，也不需要任何预告现代哲学诞生的枪声。

18 世纪时，大卫・休谟深化了这一观点并得出了结论：没有通过感觉得到的现实以外的现实，感觉是认知的唯一有效途径。因此，实证主义者就认为，在看不到椅子的时候，我们就完全没有把握说椅子存在。

伊曼努尔・康德也对这一观点有所研究。他将现实和人的经验联系在一起，尽管他所接受的宇宙起源观点是最不确切的：只可思考，但无法被认识。

到了 20 世纪，爱因斯坦提出的相对论给事实带来了新的定义。此前被认为是固定不变的事物，比如时间，在相对论之后都会根据观察者的地点和状态发生变化。

为了颠覆我们给事实安上的定义，量子物理让事实有了很多种**可能性**。事实不是唯一的，而是多种可能性并存。这些可能性在相同的时间和空间中并存，观察者会使它们塌缩，但却无法选择结果。

那么，现实究竟是什么？

让我们继续在旅行中发现它吧。

真理在深处栖息

肯威尔伯的 *Quantum Questions* 是著名物理学家的哲学文集，其中一篇文章的作者是现代物理不确定性原理的提出者海森堡。

海森堡在 1932 年获得诺贝尔奖，是《真相在深处栖息》一文的作者，20 年之后他依然记得在哥本哈根与尼尔斯·玻尔和沃尔夫冈·泡利的会面。海森堡称他们是“原子物理的培育者”，他们当时的目标是组建一个欧洲粒子加速研究小组，这就是欧洲核子研究组织（CERN）的前身。

这三位已经在著名的索尔维会议上见过面的物理学家，还讨论了关于事实和科学界限的问题。又一次在丹麦首都见面的时候，他们三个相互问道，25 年前提出的量子理论是否还成立。

索尔维会议的大多数参会人员都是实证主义者，也就是说，他们只看能够被证明的事实和测量。玻尔被要求谈谈量子理论，这位丹麦物理学家仍然记得：“我的讲座结束后，没有一个人反驳，也没有任何人问我尴尬的问题，但是我必须承认，这件事突然让我明白，如果一个人在第一次接触量子理论的时候没有感到奇怪，那只能说明他没有听懂量子理论。”

这段轶事在他们三人之间引发了关于物理学界限、形而上学以及我们用来描述事实时所使用的语言的讨论。

玻尔引用了弗里德里希·席勒的一句诗：“思想因完整而清晰，真理在深处栖息。”我们面对这些问题表现出的无知不仅影响着科学，同时也影响着言语本身。

实证主义者之所以不接受先贤哲学家们对于科学方法论的视角，主要原因之一是哲学家试图用自己的语言来描述那些对准确性要求很高的概念。

对于这一点，海森堡认为，如果仅仅因为旧时哲学家们提出问题和表达思想时使用的语言不够具体和精准，就不去重视这些问题和思想，显然是非常荒谬的。我们可以从这些解释宇宙的宗教寓言故事中挖掘出有价值的视角。

海森堡说："实证主义者的解决方法非常简单：我们应当将世界分成两部分，一部分是能够被清晰解释出来的，至于另一部分，我们最好什么都不说。但是，当我们发现可以肯定的部分其实微乎其微的时候，难道有人可以构思出一种更没有用的哲学来吗？假如将所有不清楚的事物都置于一旁的话，我们很有可能就会限于一系列周而复始的乏味浅薄之中了。"

换句话说，假如科学仅仅研究明显的、完全可以被证明的事实，那量子物理就不会存在了，大多数使生活更便利的科学进步也将不复存在。就像儒勒·凡尔纳说的："一切人类能够想象的东西，都将有人把它变为现实。"

有很多充满智慧的推理过程需要几十年甚至几个世纪的时间才能得以证明，但是人类的精神能够到达今天的高度，就因为我们有能力在未知的海洋当中一直向前。

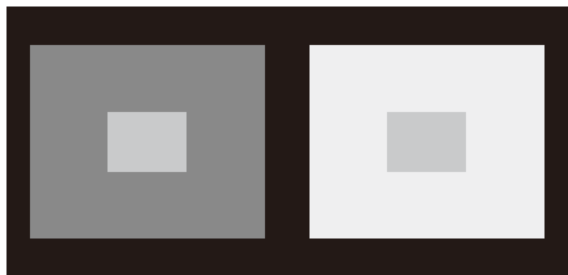
我们只能看到自己相信的吗

佛教认为，我们用自己的样子来看待现实。确实是这样的，因为我们的认识会影响我们对外界的认知。换句话说，被观察的事实

与观察者是密不可分的。

这一点在双缝实验中已经提到过。

博洛托在 TED[①] 演讲中提到了视错觉，认为视错觉比我们想象的更能够揭示我们领悟世界的方式："当我们把两个同一种灰色的方块置于不同的底色之上时，就会感觉它们的颜色不一样了。比如，把其中一个放在黑色的底板上，另一个放在白色的底板上，前者就会显得比后者颜色浅。这里需要关注的重点不是底板的颜色，而是我们从以往经验中获取的脑信息，是它将这种假的感觉传递给了我们。"



大脑并不能看到世界本身的样子，而是根据以往有用的经验来判断。

从神经学的角度来看，认知是观察者和被观察者之间的碰撞。"纯粹的观察者"是不存在的，因为观察者和被观察者总是有某种程度上的相互作用。

人类学领域也一样。一项深入某一部落的田野调查从来就不是

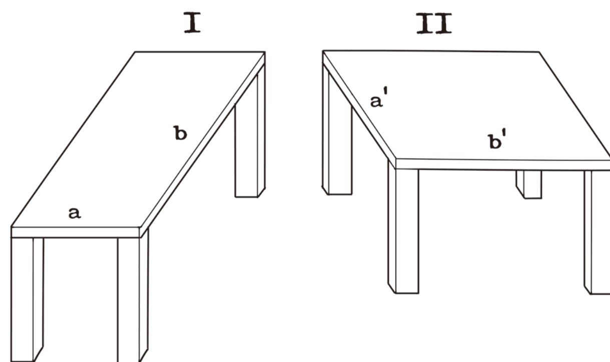
① 指 Technology, Entertainment, Design 在英语中的缩写，即技术、娱乐、设计，是美国的一家私有非营利机构，以其组织的 TED 大会著称。TED 诞生于 1984 年，从 2006 年起，TED 演讲的视频被上传到网上。——译者注

客观且百分之百可信的，因为进行研究的人类学家已经打乱了他正在研究的自然生活。

这是一个对量子研究的比喻。在量子世界中，不论是观察还是测量，对研究结果的影响都是巨大的。

比如罗森茨威格发表于《科学美国人》关于认知的研究证明，我们与那些能够使我们得到错误结论的感觉紧紧联系在一起："我们的视觉系统已经习惯于个人视角对现实造成的扭曲。在处理视觉信息的过程中，大脑自主抵消了扭曲，而不需要人为干预。"

斯坦福大学的罗杰·谢泼德有一个实验说的就是这个问题。现在来看看下面的图。可以看出，由于画的视角不同，我们产生了一种错觉，认为两张桌子是不一样的。但当我们拿尺子量一量，就会发现无论是长还是宽，这两张桌子都是一模一样的。



罗森茨威格补充说，现在的人类已经不那么容易被视错觉欺骗了，我们总是可以通过实验来验证感知到的东西。只要辅以合适的工具，简单的测量就可以纠正错误的印象："每个个体都可以理性批判，这是科学方法论赋予人类的能力：除了局限于简单视觉认知之

外，还有思辨能力。”

由于很多量子原理都超越了惯有的理性判断的界限，所以我们需要排除肉眼所见的宏观事实的影响，去接受微观事实。

但我们的认知具有主观性，并不意味着我们可以随心所欲地左右自己的认知。我们不能选择看到想看的，这正与“我们只能看到自己相信的”相反。拉马钱德兰指出：“认知的作用是快速反应出一个能让人接受、能够逃命的方法，而不是用来停下仔细判断狮子离我们是近还是远。”

正如一开始说的那样，我们为现实染上了自己的颜色，而在这过程中充当滤镜的就是偏见、期望以及先入为主的想法。但是当狮子来了的时候，所有人都会撒腿就跑，这一点毫无疑问。

瞪眼等锅开，越瞪越不开；换成量子锅，更加烧不开

有这样一句俗语：“瞪眼等锅开，越瞪越不开。”尽管在日常生活中，无论观察还是不观察，锅都会沸腾，但是在等待锅沸腾的过程中，我们就已经开始不耐烦了。

在宏观世界里，观察或者测量不能使任何物体的状态发生改变。如果烧着一锅水，无论我们是一直盯着它还是根本不理它，只要达到沸点，锅一定会沸腾。

但在量子的世界里，游戏规则发生了变化。**量子芝诺效应**就是一个很好的例子，它告诉我们：如果我们把锅放在火上加热，在它马上要达到沸点的时候去观察它，锅就会以重新开始加热来惩罚我们。一切又重新开始，就好比大家玩的飞行棋一样，又回到了起点。

如果量子世界中的观察者太没有耐心，每隔一小会儿就要去观察一次水的情况，那么水就永远都不会沸腾。

这种不符合人类常识的现象就是在量子物理中起神秘作用的测量带来的结果。我们观察的行为中断了在没有观察的情况下已经发生的事情。

这就好像每隔几秒钟就问一个快要睡着的人“你睡着了吗”。我们每问一次，这个人就要重新开始准备入睡的过程。

在第 6 章附录中，可以看到科罗拉多州几位研究人员为了证明量子芝诺效应所做的实验。

最小努力法则[①]

很多实验结果都被运用到了与物理毫无关系的领域当中，比如很多人都会将吸引力法则[②]当作一种魔法：只要通过幻想，就能得到想要的。

我们认为，信仰有助于优化结果，正如那些 100 米短跑运动员一样——他们相信自己能够在 10 秒之内跑完 100 米。但如若没有无数个小时的训练和良好的身体素质，这种积极的期望也就起不到任何作用了。

事实上，仅仅通过想象，是无法达到想要的目标的（比如中彩票这件事）。虽然我们要提出的心理学层面的比较是错误的[③]，但我们

① 人们的各种社会活动均受此原则支配，总想以最小的代价获得最大的效益。——译者注

② 可以简单定义为“关注什么，就吸引什么”。——译者注

③ 我们并不认为努力法则在量子物理学中得到了证明。

仍愿意相信通过量子芝诺效应得出了一个不适用于懒人的新法则：努力法则。就像豪尔赫·巴尔达在他书中说的一样："只有在字典里，'成功'才排在'工作'之前。"

第 7 章

只有量子退相干能拆散我们

> 宇宙不仅比我们想象的还要奇特，还比我们能想象到的还要奇特。
>
> ——维尔纳·海森堡

风雨吹打在脸上，我不知道自己是如何来到这里的，几个小时以前我还和索尼娅在一起，但现在我却是孤零零一个人。阵雨又变得更猛烈了一些，我开始在美国东海岸大西洋城的大街上跑起来。在马上就要到来的飓风声中，唯一还能听到的只有警笛声了。

虽然大雨遮挡住了视线，但我还是找到了一条小巷的入口。我虽然不能在这避雨，但至少可以挡挡风——反正我也不知道使我浑身湿透的究竟是雨还是汗了。我决定进入小巷。

很快，我发现这是一条死胡同，在我面前只有一道没有窗户也没有门的砖墙。正当我不得不转过身退出小巷时，我感觉有什么东西蹭到了我的左腿，急匆匆向那堵墙冲过去。

我没来得及看清那是什么东西或者是谁，只看到了一个圆圆的模糊影子。不管它是什么吧，它竟然毫不费力地穿过了那堵墙，太

不可思议了。还没等我从刚刚那一幕回过神来，又有三个类似的东西以同样的方式穿过了墙壁。

我忽然有一种既视感——我之前有过类似的经历。

我回忆起了乔娜到我家的时候，她带我瞬间移动到了量子世界的迷宫。在那里，我们看到一个电子穿过了墙壁。

难道那些神奇的粒子也来大西洋城安营扎寨了？

我靠近那堵墙，眼前出现了一个招牌，直晃眼睛，上面写着：海森堡赌场。

绝对不是我胡说，招牌是刚刚才出现的，之前墙上什么都没有。

突然落在背后的闪电把我吓了一跳，我感觉自己差一点儿就被它烧焦了，紧接而来的雷声提醒我飓风越来越近了。

“你最好还是隧穿吧，这里的天气情况可不妙。”

声音是从我右侧的一个小矮人身上传来的。它就像刚从北欧精灵故事里走出来，身高不超过一米，骨瘦如柴，眼睛闪着绿光。它的瞳孔不是圆的，而是像猫一样的椭圆形，还长着红铜色的齐肩蓬松直发。

还没等我开口问出问题，他就冲着墙跑去。但和电子不一样的是，这只精灵没能隧穿成功，而是重重撞在了墙上，然后摔在地上。

它立刻爬了起来，甩了甩衣服上的水，又一次重复了之前的动作。这一次它成功了，消失在了墙壁里。

我也决定隧穿，跟上这个精灵，反正之前我也体验过，尽管有乔娜陪着的时候感觉可能性大一些……我冲墙跑去，为了减缓冲击，在离墙很近的时候我抬起胳膊护住了头，不过并没有撞击的感觉。

我又一次成功穿过了墙壁。

海森堡赌场：银行总是赢家

我眼前是警匪电影里典型的非法赌场，在轮盘赌和赌桌前聚满了奇怪的人。

精灵们在赌桌上下着赌注，它们有的在玩掷骰子、有的在玩扑克牌、有的在玩轮盘赌。在那些玩轮盘赌的精灵当中，我认出了那几个刚刚从小巷里隧穿进来的模糊影子。我一看它们就头疼，就像戴着一副度数不合适的眼镜，看什么都是模糊的。那些模糊的圆团一直在动，根本停不下来。

我使劲闭上眼睛然后摇摇头，好像这样就能让视线清晰一点一样。但是当我睁开眼睛，却发现没有任何变化。

我决定到一个巨大的轮盘前去看看。吆喝观众下赌注的是一个穿着红色低胸紧身连衣裙的漂亮小姐，她金黄色的卷发垂落在裸露的肩上。

看到我之后，她用一种我从没听过的魅惑声音说："帅哥，想试试运气吗？"

"要是你给我介绍一下游戏规则的话……"我实在无法拒绝她如塞壬歌声般的声音。

美丽的姑娘露出洁白的牙齿冲我莞尔一笑。她指着面前的轮盘，上面有 36 个红黑相间的数字。

"这个游戏很简单，"她一边贴近我一边说，"普通赌场里只能扔一个球，这里唯一的区别是可以扔 100 颗球。如果这 100 颗球中有球落到了黑色数字上，你就赢了；如果没有球落到黑色数字上，你就输了。"

新规则让我觉得很愚蠢。如果冲着转盘扔 100 颗球的话，怎么可能一颗都落不到黑色数字上呢？

我接受了挑战，已然忘记自己还没有买筹码。

这位美女开始了游戏，她不停朝转盘扔着球，球就像机关枪的子弹一样，一颗一颗落在转盘上。

但很快我就注意到，进入转盘的球表现得有些奇怪：它们在被扔出的一瞬间就变得模糊，我根本看不清它们的运动轨迹。

转盘越转越慢，最后的结果太奇特了——每一个红色数字的小格子里都有几颗球，但是黑色数字的格子里却空空如也。

怎么会这样？

"这肯定是作弊了，不然怎么可能出现这样的结果！"我有些不满地说。

我旁边的一个戴着眼镜的精灵反驳我说："也不能说是不可能……确实可能有球落入黑色数字的格子，但头脑正常的人会给相消干涉游戏下赌注还真是不多见。"

我一点不明白他在说什么，相消干涉？我难道不是在玩轮盘赌吗？

那位美丽的姑娘走近我，露出满意的笑容。

"你输了，该付钱了。"

我有点摸不着头脑，又有点气急败坏。我找遍了口袋才发现自己没有筹码，后背立马冒出一阵冷汗。

"抱歉，我忘记去前台买筹码了，我……"

听了我的话，姑娘的美丽面孔立刻化作怪兽，她眼睛变得通红，发出像狼一样的嗥叫，唇间露出了锋利的牙齿。

这时有人从身后拉我的皮带。正是那个鼓励我隧穿的精灵，它

将我从发怒的怪兽面前拉开。

“茜拉，别急。”它对姑娘说，“我这就带他去前台买筹码。”

精灵扯着我毛衣的袖子，将我带到了赌场的一个安全角落。我们面前有一个窗口，就像银行一样，应该就是买筹码的地方了。

窗口里坐着一位年老的收银员，它戴着厚厚的黑色眼罩，看起来很匆忙地一遍遍数着钱。

“真是再没有谁会为干涉转盘下赌注了……”精灵用训斥的语气说。

这时，我们身边出现了更多的模糊圆球，它们在不停地晃动。

“天哪！这些该死的小东西就不能静止一会儿吗？根本就没法儿看清它们啊。”我非常烦躁地说。

“它们当然停不下来了。”精灵回答说，“你也永远不可能看清这些东西。你没注意这个赌场的名字吗？这里面的所有人都是海森堡的忠实粉丝！”

精灵排在了队尾，虽然排在我们前面的都是些模糊的、不停晃动的小粒子。

我看到收银员头顶上用两根细绳挂着一块木头牌子，上面写着我不理解的东西。

$$\Delta E \cdot \Delta t \geqslant \frac{h}{2}$$

“真是个奇怪的赌场！”我嘟囔着说，“这里真的能够买到筹码吗？”

这时，一颗模糊的粒子排在了我们前面，像是要插队的样子。我的新朋友立刻表示抗议并阻止了他。

“这些任性的虚粒子[①]……”精灵不满地嘟囔着，“我的人类朋友，你得在这里买虚拟量子钱币。你刚才玩游戏可是下了一个不小的赌注呢！只要这边一给你筹码，你就赶快跑到游戏桌那边把钱给茜拉。如果你不够快的话，还没等你跑到还钱的地方，钱就会消失了。这次我可不会再保护你的安全了……”

爱波罗悖论[②]和白手套犯罪[③]

“轮到我们了。”为了不让精灵继续念叨我之前玩游戏的事情，我用冷淡的口吻说。

我们走到柜台窗口，收银员正在嚷嚷着。

“任性的量子涨落[④]！我得快点儿数钱，不然误差越来越大了！”

精灵敲着那块木头牌子打断了收银员：“我们要买量子币。”

他们针对**电子伏特**以及一些我听不懂的奇怪词语争论了一会儿。之后，收银员给了精灵一个装满硬币的布袋子。

我听从精灵朋友的话，拿起钱袋撒腿就朝茜拉的赌桌跑去。这

① 根据量子力学的不确定性原理，宇宙中的能量于短暂时间内在固定的总数值左右起伏，由这种能量起伏产生的粒子就是虚粒子。当能量恢复时，虚粒子湮灭。虚粒子是构成虚物质的微粒，和实物粒子有非常密切的关系，分布在实物粒子的周围，与实物粒子具有类似的性质。虚粒子不是为了研究问题而人为引入的概念，而是一种客观存在。——译者注

② EPR 悖论（Einstein-Podolsky-Rosen paradox）是爱因斯坦、波多尔斯基和罗森为论证量子力学不完备性而提出的一个悖论。EPR 是这三位物理学家姓氏的首字母缩写。——译者注

③ 类似白领犯罪，是与盗取钱财有关的非暴力犯罪行为。——译者注

④ 指不确定性原理允许在空无一物的空间（纯粹空间）中随机产生少许能量，前提是该能量在短时间内重归于无。产生的能量越大，该能量存在的时间越短，反之亦然。——译者注

时我眼前的茜拉已经又变回了那个美丽又充满魅力的样子，但我这次决不会再上她的当。

我看都没有看她，就将钱袋里的钱倒在桌上。

“账还清了。”

然后我就用最快的速度离开了量子轮盘赌。这时，旁边一个圆桌吸引了我的注意，一位非常优雅的年轻人正主持着赌局。他身着燕尾服，身边聚集了一小群看客。

“我的超感知能力加上非凡的智力以及我与生俱来的魅力，让我能够准确地预测这块手帕下面的硬币是正面向上还是反面向上。”这位帅气的荷官一边说着，一边向旁边一位脸色通红的姑娘抛着媚眼。

“简直是骗子！”我身后传来一个声音。

我转过身，说话的人穿着沾有咖啡渍的旧西装，灰白色的长头发，戴着一顶褐色礼帽，帽子右侧还有一个补丁。看得出他是打扮过的，但是却怎么都优雅不起来。他看起来更像是衣衫褴褛的乞丐，和人气鼎旺的帅气荷官根本没法儿比。

“谁来下注？”有魅力的荷官说。

有两个精灵在赌桌上放了一堆钱。

“好，各位，现在我就告诉大家，当我掀起手帕时，硬币是正面向上的。”帅气的荷官高兴地说。

的确，当他掀起手帕时，露出了正面向上的硬币。

荷官一次次重复着游戏，又有很多精灵输了钱。要不是因为这里有一位又帅又有魅力的荷官，我觉得这个游戏就和巴塞罗那兰布拉大街上骗游客的把戏一样。

就在荷官正沉浸于他主持的赌局中时，两位穿着制服系着领带

的人突然出现在他身侧，一人架起他的一只胳膊。

“您由于量子欺诈行为被捕了。”其中一人边说边亮出警官证。

一位警察给荷官戴上手铐，另一位警察上上下下给他搜身，最后从他耳朵后面搜出了一个隐形对讲装置。

“你们就是通过这个麦克风传递信息的，是吗？”

“警官，我不知道您在说什么。”

“算了吧，小白脸儿，别跟我来这套。我们刚刚抓了你的兄弟。”

这时，另外两个警察押着一个年轻人出现在离我们最近的安全出口，这个年轻人竟然和荷官长得一模一样。

“看看谁来了，这不是爱波罗兄弟吗！”我身旁那个衣衫褴褛的乞丐说。

“他们是谁？”我问。

“他们就是让量子赌场闻风丧胆的白手套罪犯。”

“他们为什么被捕啊？钱币游戏有什么窍门吗？也不可能每次都猜对硬币是正面向上还是反面向上吧……还是说他们有什么超能力？”

“根本不是什么超能力，这俩小偷是利用了量子纠缠。”

我一头雾水，根本没听懂乞丐的话。这时，小偷爱波罗兄弟不知道使了什么伎俩，摆脱了手铐迅速逃跑，警察也赶紧追了上去。

跑到门口的爱波罗兄弟转过身来，以白手套罪犯的优雅和骄傲姿态冲众人喊道：“只有量子退相干能拆散我们！”

他们将手中耍小伎俩用的“纠缠硬币”抛向空中，我刚好接住。

警察充满警惕地指着我向我跑来。

“伙计，我要是你的话就赶紧跑了！警察可不是开玩笑的！”乞

丐小声对我说。

我害怕地朝相反的方向跑去，那个怪兽般的女人也加入了追赶。

我被吓得不知所措，只能机械地让自己的两条腿迈得更快一点儿。这时，一群模糊的粒子团开始在我的双腿之间绕来绕去，接着我就失去了平衡，口袋里的量子币像泉水般涌出。

当我摔倒在地上的时候，量子币几乎埋住了我全身。

“完了，我会被它们活埋的。”

梦中惊醒

醒来的时候，我发现自己被床单缠着，浑身都是汗。“原来是场噩梦啊！”我瞬间放松了下来，按掉了床头柜上的闹钟。钟表发出柔和的蓝光，将时间打在屋顶上，还差几分钟早上六点。

在床上滚了几圈之后，我不得不承认自己再也睡不着了。

我决定不再赖床，起身坐到了电脑前。我想在自己忘记之前，把噩梦中的一切都详细记录下来，用邮件发给索尼娅，她应该能更好地解析我的噩梦。

邮件发出去之后，我给自己倒了杯茶。

我再次坐回到电脑前，焦急地等待索尼娅的回复，虽然知道她不可能这么快就能看到邮件，尤其时间还这么早。

但令人开心的是，收件箱很快显示收到一封新邮件，正是索尼娅发来的。

发件人：索尼娅

收件人：弗兰塞斯克

弗兰塞斯克，

早上好！

恐怕你近期是看了太多关于量子的东西了……很抱歉你做了场噩梦，不过我得承认，你的梦实在太精彩了。

也不知道你是不是有时间看这么长的邮件，但我还是用我的观点解读了你的噩梦。不过，假如我是你的心理医生的话，我可不会建议你读下去……

海森堡赌场

根据你的描述，你梦里应该是去了一个一切都依照**海森堡不确定性原理**[①]运转的赌场。

这个原理主要讲的是，我们不可能同时知道，至少是不能准确知道粒子的位置（它们在哪里）和速度（它们如何运动、向哪个方向运动）。还记得你在收银台窗口的木牌上看到的公式吧？那里的一切都满足这个公式。

你可以这么来理解这个公式：你大概知道粒子的位置，也大概知道它们的速度，但是**其中一个量越确定，另一个量就越不确定**。

你所看到的那些模糊的电子就严格遵守这个原理。这就是为什么它们总是模模糊糊的，你也无法准确知道它们的位置和运动方向。

---

① 又称测不准原理。该原理表明一个微观粒子的某些物理量（如位置和动量、方位角与动量矩、时间和能量等）不可能同时具有确定的数值，其中一个量越确定，另一个量就越不确定。——译者注

海森堡的这一条原理也解释了为什么这些粒子不能够静止下来。假如量子赌场中的一颗粒子停下来，你就会知道它的准确位置和速度——零。

对了，我还得恭喜你又一次成功地穿墙而过。要知道，可不是所有人都能一次性成功隧穿这么厚的墙壁的！

次原子粒子的优势就是它们可以毫无障碍地穿过障碍物或者墙壁。而对于我们来说，在日常生活中穿过家里的某堵墙的可能性微乎其微，或者说根本不可能。假如我们试图穿过墙壁，一定会被撞得人仰马翻。不过家里的墙上总是有门，所以也没必要隧穿。

我们继续来看海森堡不确定性原理。位置和速度所遵守的不确定性原理也同样适用于能量与时间（这一关系适用于很多物理量）。正是因为这一原理，才能从无到有创造物质，但持续的时间很短。这就是我们所说的量子涨落，也是你噩梦中的量子赌场收银员提到过的内容。

我想量子赌场里的筹码买卖是这样的：你可以借到一定量的能量，它能够变成钱币，但却只能持续很短的时间。你需要的能量越大，它变成钱币后持续的时间就越短。

这种时间和能量的关系可能听起来有点奇怪，因为你一定记得中学物理学过的，能量既不能凭空产生也不能凭空消失。但是量子世界就不严格遵守这一定律了。

所谓的“虚粒子”就是这么产生的。在你的噩梦里，虚拟钱币就代表了虚粒子，也就是你在干涉转盘输了钱之后，还给茜拉的硬币。

看到你输了他们当然是很满意的。通过你的描述，我觉得恐怕你参与的赌局是创建干涉模型的游戏。那些黑色数字所在的格子都

位于“破坏性干涉”区：就像你在双缝实验中看到的一样，小球基本上没有落入这个区域的可能。

在这点上，我十分赞同精灵对你的评价：没有一个头脑正常的人会为黑色数字押注。

量子纠缠和白手套罪犯

我想我能够解释清楚爱波罗兄弟在猜硬币时耍的小把戏。你在赌场里目睹的场景和超能力一点关系都没有。爱波罗兄弟利用的是爱因斯坦、波多尔斯基和罗森在 1936 年提出的量子纠缠现象。

两颗相互纠缠的粒子就像一对双胞胎一样，它们之间有着非常特殊的关系。据说，即便双胞胎彼此相距数千公里，如果一个人受到了伤害，另外一个人也能感受到同样的疼痛。那么，纠缠的粒子之间的关系也大致如此——即便把这两颗纠缠的粒子分开，当我们对其中之一做了什么的时候，另一颗也能**同时**感应到。它们即便在距离上被分开了，但还保持着一定的关系，这就意味着它们之间有纠缠关系。

你梦中的双胞胎兄弟每人各拿一枚有纠缠关系的硬币，其中之一就是你们在赌桌上看到的那一枚，另一枚在另一位双胞胎手上，而他躲在安全出口那里。

因为两枚硬币之间有纠缠关系，所以躲在安全出口的兄弟手中的硬币就能够决定赌桌上硬币的正反面。当一枚硬币为正面的时候，另一枚总是反面。

因此，躲在安全通道的兄弟观察手中的硬币是正还是反，然后将结果偷偷通过隐形麦克风告诉赌桌上的兄弟。在赌桌上的兄弟向客人们展示他迷人笑容的同时，他就已经知道手帕下的硬币到底是正面朝上还是反面朝上了，他只需要对着观众演戏，最终说出与自己兄弟通过麦克风告诉自己的结果相反的一面就可以了。

量子纠缠是个不寻常的现象。我更愿意用更加诗意的方式去理解它：在大爆炸，也就是宇宙起源的瞬间，所有的新生粒子一齐诞生，也就互相纠缠。而太空中的一切又都是由这些粒子构成的。因此，我们人类也和身边的事物有着纠缠关系，比如树与人、人与人，甚至是星星与人。

我想，假如我们知道自己和周围的一切都联系得如此紧密，我们对其他人、对地球做的事情终究会还到自己身上的话，我们的行为方式就会发生很大的改变。

卡尔·萨根留下了一段非常美丽的文字，虽然表达背景不同，但用在这里却十分合适：地球是一个有机的整体，这已成为共识。如果人类仍要自相残杀、同室操戈，那么受到惩处的将是每一个人。

量子退相干

爱波罗兄弟离开时的喊声意味着他们的量子特性消失了——他们从微观世界回到了宏观世界。

你肯定不止一次地问自己：作为我们能观察到的所有物质的基本组成，如果原子粒子可以同时出现在两个地方，可以同时既死又活，那为什么日常生活中体积较大的物品却表现不出这个性质呢?

量子状态是很敏感的。周围的任何一点影响，比如空气、光等，都可能破坏并且中断这些现象。

你还记得薛定谔的猫吗? 尽管猫被关在盒子里，但是空气中任何一颗粒子的变化、盒子里的温度，甚至它所受到的月球的引力（猫在地上、死了、站着、活着或者摇尾巴所受到的引力都是不一样的），种种因素都和这只猫紧密纠缠在一起，它们都是构成“观察”的因素。如果量子的叠加态塌缩，那么猫就不可能既死又活了。

猫的状态就会由“既死又活”变成“或死或活”。

在微观世界中能够保持的量子特性，转换到宏观世界后就会消失，这一现象就叫作**退相干**。

退相干的过程目前还没被研究清楚，这也是现今量子计算机面临的主要挑战：保护量子状态不受退相干影响。

希望我的邮件能够解释你噩梦中的疑问，而不是让你更加迷惑。今晚你一定能睡个好觉的。

索尼娅

PS. 既然你也睡不着了，我去你家找你吧。我请你吃量子早餐怎么样？

第 8 章
多少个脑袋，多少种思考方式

> 每个人都拥有无限次质疑的权利，但至少应该认真质疑一次。没有哪种看待事物的方式神圣到毋庸置疑，也没有哪种做事的方式完美到没有进步的空间。
>
> ——爱德华·德·波诺

其他客人们马上就要到了，我们小心翼翼地往桌子上摆盘子和刀叉。弗兰塞斯克有点担心。

“这么看来，今晚要来吃晚饭的客人们秉持不同的学术观点，从某种意义上讲，他们是‘概念上的敌人’。我觉得我还没有准备好加入量子战争呢。你那么耐心地给我讲解量子力学的概念我听着都很费劲，我简直不敢想象自己要目睹一场物理学家之间的争论……”

“你没必要为‘量子战争’担心。虽然这些物理学家之间会发生争论，但他们都是老朋友了。我已经在冰箱里冰了两瓶起泡酒，能让他们更随意地表达自己的观点。”我笑嘻嘻地说，“今晚的聚会肯定会很有趣的，不过不是量子早餐，而是量子晚餐了。我们将会听到关于量子物理的不同观点和不同诠释。”

“这正是我所害怕的……”弗兰塞斯克小声说。

“别担心，我先给你讲讲背景知识，省得你在待会儿的谈话中一头雾水。当量子理论被测量或者被观察的时候，遇到了一个小问题……”

“当然了！按照你说的，我得相信，在一颗量子粒子被观察的时候，它的性质就发生变化了：它究竟是波还是粒子取决于要做的实验。还有一点也让我有些神经错乱：在被观察之前，电子或者量子粒子是没有在一个地点‘真正存在’的，因为在被观察之前它们还是可能性……我搞不清了，什么电子势？索尼娅，你要说这些都算小问题的话，那只能是我自己的脑子不够用了。”

弗兰塞斯克沮丧地窝在沙发里，我对他现在所感觉到的毫无头绪感同身受。他现在才刚刚开始了解量子理论，正是考验我们耐心的时候。

“我觉得你说得很有道理。”我承认，“我们面前是一个叫‘测量问题’的障碍，虽然我们在做双缝实验的时候就已经接触过它了。关于这个问题，我想等客人们到齐了再一起讨论。对于量子理论有很多种诠释，而所有诠释都是基于相同的实验结果。”

“那也就是说，所有的诠释都是有效的？”

“这时候，我们所讨论的就不仅限于物理学了，而是一种对于物理实验结果的诠释……有人把它归为‘科学’的范畴，但也有人认为这是科学以外的事情。科学的界限实在是太模糊了，我们也因此遇到了很多难题。所有的诠释都在预言同样的结果，但却有着截然相反的哲学含义。有一点得提前和你说一下，在谈到这些话题的时候，我们会有点哲学家的感觉，而且还会小心地胡思乱想……”

“今晚讨论的话题是什么？”

“哥本哈根诠释的忠实支持者尼尔斯·玻尔会来。哥本哈根诠释

是大学教育里最常用的诠释，也是我一直以来给出的各种解释的基础。这一理论的主要观点是，在被观察之前，也就是塌缩发生之前，次原子粒子的‘物理现实’是‘不存在’的。”

“在这一刻，所有的可能性只能存留一个，就好像其他可能性都消失了一样。”弗兰塞斯克像背书一样流利地说。

“正是如此。在它的诠释中，次原子粒子的微观世界发生了什么并不重要，它们会对我们习以为常的宏观世界中的各事各物产生的影响才重要。那些体积比较大的事物，比如椅子、猫等，的确是真实存在的，这才是对我们真正重要的。从某种意义上说，这是一种实际的诠释。”

“听起来有点像之前提到过的实证主义者[①]。”

“正是。自然究竟想要用这些现象告诉我们什么？作为提出哥本哈根诠释的其中一人，玻尔一直在寻找这个答案。”

说着，我为弗兰塞斯克倒了一杯起泡酒为谈话助兴。

“你一定知道戴维·玻姆吧？与哥本哈根诠释派的玻尔稍有不同，玻姆的理论建立在一个叫作**隐变量理论**[②]的基础上。有了这一理论，就可以避免随机性而更加具有确定性。休·艾弗里特三世今晚也会来，他将会提出多世界诠释。”

“哦，这个人肯定能和热爱科幻电影的小混混马塞洛聊得来。”

“今晚的最后一位客人是祖瑞克，我觉得他会讲关于退相干的内容。他主要研究转换是怎么产生的，以及微观世界和宏观世界的界限在哪里——也就是如何划分量子世界和我们的现实经典世界，毕竟粒子在量子世界的行为是如此怪异，而在我们的世界里，公交车

① 详情请参见第 6 章。

② 又称存在性理论，由戴维·玻姆提出。——译者注

在岔路口只能开往一个方向，我们更是不能穿墙而过。”

门铃声打断了我们的谈话。最先来的是玻小尔和玻小姆，他们分别带来了一瓶白葡萄酒和一瓶红葡萄酒。没错，这两个人就连带什么酒都不能达成一致。

在礼节性的拥抱、互相介绍之后，我给他们倒上了起泡酒，还拿出了一些开胃小零食。是时候要活跃一下气氛了。

“你们来的时候我正和弗兰塞斯克聊着关于测量的问题呢。”

“哦？你是哪个学派的？”玻小尔问弗兰塞斯克。

弗兰塞斯克被突如其来的问题问蒙了，他局促得像面前有一位比赛评委。见他大脑一片空白，我插话给他解围。

“他还不了解不同的量子诠释呢。所以，我想你俩是帮助他确定方向的最佳人选了。”

两位科学家都露出了得意的表情，对弗兰塞斯克报以大大的微笑。他们这就要开始努力说服弗兰塞斯克信服自己的学派了，精彩节目马上开始。

“如果想要清楚地了解测量，你最好先了解一下双缝实验。”玻小尔先开口说。

“他知道双缝实验。”我打断玻小尔。

“是的，但再复习一遍也不错。”弗兰塞斯克请求着。

于是玻小尔和玻小姆便开始为弗兰塞斯克讲起了双缝实验。这时门铃又响了，是今晚的另外两位客人——小艾弗里特和小祖瑞克。

为了不打断玻小尔和玻小姆讲解双缝实验，我简单介绍了后来的两位客人，他们也随即参与到了讨论当中。

“这正是我费解的地方。”弗兰塞斯克打断了玻小尔的解释，“即使是在被观察之前，电子不也应该在一个地方或者另一个地方吗？”

“这只是你根据惯常状态推测的。”小祖瑞克说，“当你从窗户探出头去，看到了停在对面街道的小红车的时候，你就认为在你伸头看之前，小汽车就是红色的。我们日常生活中如此平常而简单的一件事，在量子世界中就会导致错误。认为我们观察到的特点在观察之前就已经存在，这种观点是错误的。”

“如果是量子世界的一辆车，那它就是在我们观察的瞬间才开始是红色的。”我补充说。

弗兰塞斯克问：“那这是怎么发生的呢？它是怎么从众多可能性当中为自己选择了其中之一呢？假如我在量子世界的迷宫中遇到了一位美丽的仙女，当然这只是假设，在迷宫中我就可以成为叠加态，并且同时走过两条路。那么当我塌缩在其中一条路上的时候，其他可能性都怎么样了？难道其他正在发生的事情都消失了？”

“严格意义上来说，你并没有在做这样的事，只是你‘可能会’做这样的事。”玻小尔说。

玻小姆摇着头，小声地表示不同意。小祖瑞克也在他的座位上不满地晃动着，小艾弗里特三世却在满意地微笑。

“对于这一理论最正统的观点是，在量子世界里，若未禁止皆必须。也就是说，在迷宫中的岔道口，当然这只是假设，”我笑着对弗兰西斯科说，“你能够同时走过两条路，因此你也必须走过两条路。”

“关键问题出在这里。”玻小姆突然站起来说，“是谁，或者是什么，造成了塌缩？”

“从双缝实验可以明显看出，电子之间是不能相互观察的。”弗兰塞斯克准确无误地说，“所以，在没有观察者的情况下，实验结果就是一幅干涉条纹，也就说明了叠加态的存在。但是这个现象让我产生了很多疑问：叠加态是不是总能发生？就像索尼娅说的，我们

可以做所有未禁止的事。因此，实验的监测器本应该测量了所有可能性，我们也应当最终全部处于叠加态。那么塌缩是什么时候发生的呢?”

讨论到这一步，我决定再给大家倒点酒——现在应该是客人们产生分歧的时候了。

小艾弗里特是第一个回应的人。

“弗兰塞斯克，我亲爱的朋友，我想你很快就会站在多世界诠释这边了。多世界诠释和双缝实验教给你的完全不一样。当你作为观察者观察叠加态的时候，一个你将会看到电子穿过左边的路，而另一个你则会看到电子穿过右边的路。每一个你都看到了一种可能性，但是不同的你并不知道其他版本的你的存在。这就生成了两个版本的世界，这里发生的事情都与真正的你所经历的有细微的差别。由于不同的你和其他人，或者别的什么互相影响，整个世界也会一次又一次地分裂。”

“你不是说真的吧？这听起来像科幻片儿啊!”弗兰塞斯克将信将疑地说，“你的意思是，跟刚才说的不同，塌缩的不仅仅是一种可能性，而是每一种可能性都存在于一个不同的世界，由此又产生了无尽的现实。”

“你解释得很对，但这个理论的代价很大。”玻小尔补充说，“分裂时时都在发生，每一种分裂都对应一种量子可能性。这个理论在宇宙中的运行代价很大。”

“从另一方面讲，”玻小姆补充说，“我们如何能够证明所有可能性都在同时发生？多世界是不是真的存在？我们毕竟不能够进入其中。”

“难道哥本哈根诠释是更好的吗?”小艾弗里特三世反驳玻小尔，

“哥本哈根诠释的确在大学中应用得最普遍，但这不能说明它比其他诠释更有效。你所认为的，在被观察之后就只剩下一种可能性，而其他可能性就全部消失了，这简直比科幻电影还科幻！”

小艾弗里特三世几乎是喊着说完了这句话，可见他确实生气了。但是他喝了一口红酒，很快又恢复了温和的姿态。

“而且，如果我没有理解错的话，根据你的诠释，你们支持的这个过程是完全随机的。”弗兰塞斯克对玻小尔说，“但是只有一种可能性的经典世界和所有可能性并存的量子世界之间的界限究竟在哪里？”

“我们对界限在哪里不感兴趣。”玻小尔辩解说，“任何一个宏观世界的物体，无论是一个监测电子行动路径的摄像头也好，还是盖革计数器也好，它唯一的作用就是引起波的塌缩。物理现实就是在这个时候产生的。这就是我们生活的世界，只要知道这一点就足够了。”

玻小尔又给自己倒了点红酒，继续说：“我根本不在乎铀的原子物理现实，这和我一点关系都没有，但是铀的核裂变却是每个人都关心的问题。”

弗兰塞斯克悄悄朝我靠近，在我耳边小声说：“乔娜肯定不会同意玻尔的观点，因为玻尔认为乔娜的量子世界不重要。乔娜只要略施小计，就能让玻小尔目瞪口呆。”

“玻尔和他的同事们同样也赋予了哥本哈根诠释一种强烈的哲学意味。”小祖瑞克说，“甚至冯·诺伊曼和尤金·维格纳也认为，引起塌缩的‘罪魁祸首’是与意识的接触。”

“什么？我觉得这种观点很难让人接受。”弗兰塞斯克说。

“的确如此。”玻小姆补充道，“这就是困难最多的地方，但我们暂且不提。支持由哥本哈根诠释提出的关于经典世界和量子世界的

划分方式的人已经越来越少。如今，我们已经不再测量单独、孤立的电子，而是至少用600个原子一起做实验。因此，我们所说的微观世界其实也越来越大了。如果继续下去，微观世界和宏观世界的界限会在哪里？可能性在哪里消失？现实又从哪里开始？”

“该我来解释了。”小祖瑞克不容置疑地对弗兰塞斯克说，“有一种方法可以避免波塌缩成唯一被观察的现实：退相干。这一过程给我们解释了，在环境的影响下，量子物体之间的相干性是会消失的。”

“我一点儿也没听懂。”弗兰塞斯克一边被蛋煎土豆饼噎着，一边承认说。

“退相干理论想要解释一个物体如何穿过界限，从量子世界进入到经典世界。”我解释说，“你还记得薛定谔的猫吧？”

“就好像我在我家见过那只猫一样！”弗兰塞斯克幽默地说，“那只猫自己告诉了我它的故事：同时既死又活。它已经被判刑，将要永远生活在疑问重重的量子世界了。”

客人们为弗兰塞斯克的幽默逗笑，并没有很在意他讲的细节。

“就是那只猫。”我说，“但是我们无法弄清楚，像猫这样一个典型的宏观世界中的动物，是如何处于叠加态的。量子态是非常脆弱的，周围环境的任何一点影响，比如空气粒子、室温等，都会破坏它。用祖瑞克的专业术语来说，就是量子相干性会消失。他所描述的这一理论也叫作退相干。”

“我们再回到猫的问题。”小祖瑞克说，“就像你们想象的那样，把猫放在真空中又不杀掉它是不可能的。也许听起来有点奇怪，但是猫死了、躺在箱子的地板上，和它活着、站在箱子里所受到的月球引力是不一样的。所以，月球和猫纠缠在一起，产生一种和‘观

察’一样的东西。”

“这就是我们创造量子计算机的过程中遇到的巨大挑战之一。”我补充说，“如何才能让粒子的相干状态这一量子特性保持尽可能长的时间，以便用量子计算机来研究它呢?”

“让退相干不要发生就好了。”弗兰塞斯克说。

“正确!”

“有了这一诠释，我们就不需要任何唯一的观察者了。”小祖瑞克总结道，“而且我们拥有对唯一事实的‘感知’。”

“你用了‘感知’这个词，很好。”玻小姆说，“在退相干发生之前，不存在任何现实。但是还有一种诠释可以让一切都变得有意义，这就是玻姆的隐变量理论。”

“戴维·玻姆是爱因斯坦的学生，”我给弗兰塞斯克解释，“他对‘量子力学与真实粒子的存在不相符’这一观点也持怀疑的态度。他得到了一个公式，从本质上讲，这个公式是决定论的。”

“我们再回到双缝实验。”玻小姆又挑起了话题，“玻姆的公式从数学角度提供了与哥本哈根诠释相同的结论，但却有着截然相反的含义：玻姆认为，电子仅仅通过了一条缝隙，而不是同时通过两条。”

“那为什么我们得到的是干涉模型，而不是两条竖线?”弗兰塞斯克问。

“电子的表现是可以预知的。”玻小姆接着说，“但是在量子世界里，它们被一种特殊的力影响着，这种力就是量子势能，它创造了‘导航波’。”

“导航波就像铁轨一样，为电子划出运动轨道。”我指出。

“我还是不明白现在说的和双缝实验有什么关系。”

“每个电子只通过一条缝隙，不是随机通过哪一条，而是取决于我们发射电子时的初始方向——这和经典物理是一样的。”我解释道，“奇怪的是，在量子世界中，电子要通过的路径是被这些神秘的导航波划定的。引导电子运动方向和方式的铁轨被周围的存在影响着，也就是说，另外一条缝隙的存在影响了它。我们能够得到干涉条纹，是因为这两条缝隙影响了引导电子运动的力，是这个力将电子引导向了相长干涉区域。”

“我还是不太明白。”弗兰塞斯克脱口而出。

“如果我们再制造一条缝隙，量子势能就会改变导航波，导航波就会使电子的运动路径发生变化。”

“没错！”小艾弗里特三世说，“但是这个引导电子靠近墙壁的导航波保存有所有可能发生的事情的信息，可以说它了解所有的可能性。”

“也就是说，由于那个量子势，电子知道还有一条缝隙。”弗兰塞斯克重复说，“我觉得我的头快要炸了。”

“重要的是，量子物理将不确定的现实呈现在我们眼前。”小祖瑞克总结道，“按照常规且符合常理的看法，世界是一块巨大的手表，一切事物就像是表里的齿轮，有条不紊地运转。但这种观点从本质上就是错误的。”

“正如邓肯·霍尔丹所说：量子理论提倡的世界观不仅比我们想象的古怪，而且比我们所能想象的还要古怪。”我补充说。

弗兰塞斯克突然起身离开，打断了我们的谈话。过了一会儿，他拿着六顶不同颜色的帽子回来了。我突然明白他带来的圆盒子里装的是什么了。

“你们今晚谈到的不同的诠释，给予了我们认识世界的不同视

角。我认为没有哪一种观点是比其他观点更为正确的，因为一切都取决于你戴着哪顶帽子。”

思考帽

为了活跃晚餐气氛，弗兰塞斯克将话题引到自己的方向。他一边向客人们展示着六顶帽子，一边说：“到现在为止，你们说了量子世界的很多种观点以及发生在量子世界的事。我们来做个游戏，扩展一下我们对这个问题的认识。通常情况下，我们只用一个脑袋思考，也就是说，只用一种角度或者观点来看待问题。但假如我们可以用六个脑袋来思考，那会发生什么呢？”

小艾弗里特三世突然激动地说：“这在多世界观点当中是可能的。”

“如果我们准备好改变思考的方向的话，一个世界中也可能有六个脑袋。”弗兰塞斯克说，“这就是水平思考法所提倡的。你们知道什么是水平思考吗？”

科学家们都不作声了，他们不愿意蹚这摊浑水。

“在这一思考方式研究中做得最好的应该就是爱德华·德·波诺了。”弗兰塞斯克说，“这一思考法在创新性工作中用得很多，与其说它是逻辑思考或者垂直思考的替代品，不如说它是寻找新解决方案的补充方式。最终目的是让我们在面对困难时，能接受所有可能的解决方案。”

“但最终你也只能选择一种吧？”玻小姆说，“就像双缝实验中观察到的电子一样。”

“有可能是这样。”弗兰塞斯克承认，“但是在做决定之前，用六个脑袋一起思考问题也很有用。”

“你给我们解释一下到底怎么做。”玻小尔要求着。

“顺着**六顶思考帽**提出者的思路，每个帽子的颜色决定了我们的思考方式。当我们带上某种颜色帽子的时候，我们就得使用六种思考方式的其中一种了。根据具体问题和情况，我们挨个试试这些帽子。”

弗兰塞斯克戴上了那顶白色的帽子，他一边指着帽子一边说：“这顶帽子要我们用客观的眼光去看待事情——‘事实就是事实’，要用冷静、分析的眼光审视数据，比如在分析经济危机的时候，我们应该关注的是证券的涨落、国内生产总值的下滑、失业数量、风险溢价，等等。”

“也就是说，从现有的知识中找出答案——这是很明智的。”玻小姆说。

“也有可能是毫无用处的。”小艾弗里特三世插话道，“爱因斯坦说过：‘我们无法用提出问题时的思维方式来解决问题。’”

接着，弗兰塞斯克摘下了白色帽子，换上了灰色的那一顶——灰色帽子对他来说实在是太大了。

“事情可能会更糟。”弗兰塞斯克说，“灰色帽子代表的是负面思考，是批评、判断、评估的颜色。它引导我们看到不好的方面，并且预测将会变得更糟的部分。在危机爆发之前，它就会告诉我们要注意这个、这个还有那个。它是从负面思考中寻找答案的。”

“灰色会否定很多解决方法。”我说。

“不过，弗兰塞斯克，我们总是可以先看到负面，然后再换一种颜色，不是吗?”祖瑞克趁着弗兰塞斯克换上绿帽子的间隙说。

“这种颜色代表的思考方式是，在所有可能性当中关注创新思考和新观点。用刚才举过的经济危机的例子来说，这顶帽子告诉我

们应该专注于创造财富，而不是削减开支。下面我将要戴上红色帽子。”

我们所有人都看向弗兰塞斯克头上的那顶中式丝质红色软帽。

“红色的帽子意味着应当利用感觉、事物和问题的情感维度，以及我们对某个事件的直觉。换句话说，我们需要仔细聆听自己内心深处的智慧源泉。”

“这种方式可能对经济危机、解决物理问题的作用不大。”玻小尔表达自己的观点。

“正相反！”小艾弗里特三世说，“‘预感’对科学的帮助可不小。1865 年，凯库勒成功分解了苯的分子结构，这是其他化学家都没能理解的分子结构，原因是他在梦中受到了启发，理解了成对的电子如何在环状结构内周期性旋转。”

一场梦，开创了有机化学

我在根特的时候，住在主街的一个高档小区里，但是我的实验室却在一条窄窄的巷子里，终日不见阳光。我常常坐在那里写教材，但研究没什么进展，我时常心不在焉。有一天离开实验室，我乘坐一辆马车回家。当时我已很疲倦了，当然还在想着关于苯的问题，这使我绞尽了脑汁。我打了个瞌睡，甚至在坠入梦乡时，有关苯的问题仍然萦绕在我的脑海中。这一次，我梦见了碳原子键，当它们与氢原子连接时，会发生这样或那样的扭曲。在梦中，一条原子键突然弯曲，头尾相连，形成 6 个碳原子组成的微小六角形并不断旋转，运动的样子就像蛇一样。看！那到底是什么？是一条蛇咬到了自己的尾巴，它咬着自己的尾巴在我面前旋转。好像被一道闪电的光照亮了一样，我醒了……如果能够

学会做梦，那么各位，我们一定会找到真相，但应该在头脑清醒、验证了这些梦之后，再将它们公之于众。

弗里德里希·奥古斯特·凯库勒

“现在来看这顶黄色的帽子。”弗兰塞斯克将一顶黄色的宽边草帽戴在了头上，“黄色帽子代表了正面思考，为我们指明可行性和可能的好处。它可以通过某种方式和灰色帽子互补。”

弗兰塞斯克快速将头上的黄色宽边草帽换成了一顶蓝色的牛仔帽。

“蓝色的帽子非常特别，因为它要求我们关注思维过程的控制与组织。换句话说，我们除了要想出新主意之外，更要理解是什么让我们想出这些新主意的。”

“我觉得蓝色帽子很有用，因为问题或者错误很多时候都是由观察者所选的视角造成的。”玻小姆说。

“这六顶帽子都是非常有用的，因为我们在用创新方法处理问题的时候，其实就是在扩充颜色范围、尝试不同的思考方式。这六顶帽子能有效预防刻板思维和目光狭窄。”弗兰塞斯克说。

“你说得有道理，”我一边打着哈欠一边说，“但我现在想戴上睡帽了。已经凌晨四点啦!”

第 9 章

《星际迷航》的神谕

最振奋人心、最能引领科学发现的话，不是“我发现了”[1]，而是“这很奇怪……”。

——艾萨克·阿西莫夫

比阿特丽斯·林霍夫于 2003 年出生在美国加利福尼亚州。刚出生不久，她就表现出了明显且严重的健康问题，她的体重不会增加，胳膊和腿也不能伸展。一切症状都表明她患有某种遗传病。为此，家人带她辗转世界各地的无数家医院，看了无数医生，但病情还是没能得到诊断。

病情得不到诊断，就意味着无法接受任何治疗。好在小比阿特丽斯的父亲——休，不言放弃，将家里的阁楼改造成了实验室，全身心投入到对女儿遗传密码的研究当中。休梳理了女儿身上的 2 万多组 DNA，终于发现 20 多处染色体变异。

尽管女儿的病情还在休的研究中，但至少比阿特丽斯已经开始接受治疗，而且很有可能恢复健康。

① 源自希腊语“尤里卡”，用以表达发现某件事物或真相时的感叹词。——译者注

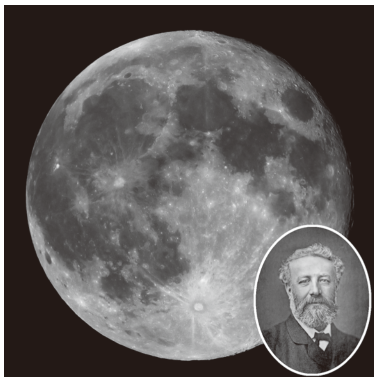
一切梦想皆有可能

梦想由爱而生，在科学的帮助下，梦想不止一次地让我们变得更好。

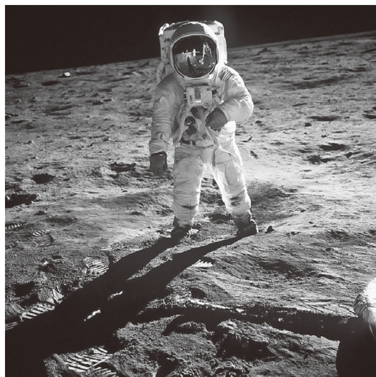
我们多少次都认为自己的梦想可望而不可即，是只属于虚幻世界的幻想，不属于真实世界。

梦想和现实之间没有界限，就像人类的能力一样。我们不应该为“我们有能力创造的”划清界限，因为历史告诉我们，人类梦想过的都已随着时间的推移一点点实现了。

对儒勒·凡尔纳同时代的人来说，他在 1865 年的《从地球到月球》中描述的太空旅行简直是无厘头的想法。但是 1969 年 7 月 21 日国际时间 2:59 分，美国宇航员阿姆斯特朗就成为了第一位登上月球的人类。



儒勒·凡尔纳在一个世纪前幻想登上月球



1969 年由尼尔·阿姆斯特朗为巴兹·奥尔德林拍摄的照片

科学的进步为科幻题材提供了素材，但它们之间的关系并不是单向的，我们如今习以为常的很多科技发展也是从科幻作品中汲取了灵感。

工程师马丁·库帕是著名电视剧《星际迷航》的忠实观众，他在其中一集看到了寇克船长用一个无线设备与他的飞船“联邦星际进取号”进行通话。看到这一幕，马丁·库帕激动得从椅子上跳起来说:“我也要发明这个东西!”



1973 年，下图的这位先生用刚刚发明的设备，从摩托罗拉通信工程部当众打出了第一个电话——这个设备就是手机。



很明显，《星际迷航》的编剧们着眼于未来，写出的剧本也耐人推敲。在平板电脑诞生 25 年前，类似的设备早已在“进取号”上普遍使用。

现实和科幻竟然如此相似。

量子物理虽好，但有什么用呢

我们的意识还留在梦想的世界里，但是双脚已经踏上了陆地。

我们降落了……

每当说起量子的时候，我们总试图给出又抽象又哲学的解释。这种不精确又有点奇怪的理论总显得离我们很远，好像与日常生活没有什么关系。这时我们就会问：在实际生活中，量子物理有用吗？

答案当然是肯定的！现实中大部分的科学技术和超过三分之一的经济产品都是以量子理论为基础发展起来的。当我们说到经济和数字的时候，就像安托万·德·圣–埃克苏佩里在《小王子》中写到的——我们已经实际到不能再实际了。

在实验室或者欧洲核子研究组织这样的研究机构中，人们开展的研究都是如何让粒子的运动速度达到光速，以模拟宇宙起源时的环境。但是，如果你只想接触量子理论，完全没有必要来这些地方。

只要到一个商业中心就足够了。

无法量化的并不是不存在的

大人们都很喜欢数字。当他们介绍新朋友的时候，几乎从来不问朋友的最基本情况，比如他说话什么声音、他喜欢玩什么游戏、他收集蝴蝶标本吗，等等；相反，总是问他多大了、有几个

兄弟姐妹、体重多少、爸爸挣多少钱。

他们认为获得了这些信息，就算是了解朋友了。假如我们对大人说“我看见了一座漂亮的粉色砖房，窗台上摆着天竺葵，房顶上落着白鸽”，他们永远也想象不出房子的样子，但如果我们告诉他们的是“我看到了一座 50 万美元的房子”，大人们准会激动地说：“哇，那一定很漂亮吧！”

——《小王子》，安托万·德·圣－埃克苏佩里

如果我们走近商业中心那些大大的玻璃门，它会像被施了魔法一样自动打开，这个在生活中已经普遍应用的自动门就是利用了光电效应。

自动门上装有一种叫作光电管的东西，它是由半导体薄片构成的传感器。当传到传感器的光束被打断，电动装置就会被激活，于是门自动打开。

假设这个商场的第一间商店专营电子产品，我们能在那里找到很多利用光电效应的商品。贵重物品装有的报警器、屋顶的火灾报警设备也都基于量子理论。除此之外，与量子理论有关的产品还有很多，比如数码相机、光控灯开关的传感器、用太阳能光伏板充电的计算器，等等。

我们继续在这个大型量子商场里逛逛，这里还有 DVD 机、CD 机、激光打印机、光学鼠标，甚至还有收银员扫条形码时会发出滴滴响声的机器。

所有这些设备都以激光为基础。激光，其实是**受激辐射光放大**

的简称[1]，这也是一种建立在辐射基础上的科技。假如没有发现量子世界的运转规律，这项技术也不可能得到如此的发展。

从电子产品到医学外科，从测绘到军事工业，激光的应用非常广泛。

在这个商场里，不难找到其他运用量子科技的产品。我们身边的几乎所有东西都运用了 20 世纪最重要的发明之一——晶体管。

如果没有晶体管，现代电子业也得不到发展，手机、笔记本电脑、平板电脑、收音机、电视机等，将统统不复存在。晶体管无处不在！

我们可以把晶体管想象成电子水龙头，它们在电路中起到了分配和量化电流的作用。晶体管于 1947 年在格拉汉姆·贝尔实验室诞生，从此取代了“真空管”。我们可以将真空管看成巨大的灯泡，它大约有一只手掌那么大，而现在的晶体管只有一厘米的百万分之一那么大。

最初的计算机使用的是真空管，体积大到需要占用好几个房间，而且价格昂贵，因此只用于军事领域。

有了晶体管之后，芯片就诞生了，它实现了电路的小型化。从此之后，曾经那般巨大的电脑才有可能缩成公文包大小。

如今，芯片被广泛应用在电脑之外的很多地方，让许多产品发生了巨大的变化：座机电话变成了手机，传统相机变成了数码相机，唱片机变成了 MP3，纸质书报变成了平板电脑上能看的电子书。

所有工业产品的革新都得益于这项神奇的技术，这都是量子理论带给我们的！

---

① 英语 laser，light amplification by stimulated emission of radiation 的首字母缩写。——译者注

其实量子理论也不仅应用于电子产品，引导医学革新的核磁共振成像也同样是量子科技进步的成果。

在商业中心逛了一圈之后，我们已经了解了量子理论在生活中的应用。

现在又是幻想的时候了。如果说领会量子世界的秘密已经让我们走到了这里，那么我们即将拥有的势必更加振奋人心。

第二次量子革命

如今，我们不仅了解了材料的构成，而且还实现了不少创举，比如控制单独的原子、解密遗传密码。对材料的掌握程度正改变着人类看待世界和看待自己的方式。

量子学和生物技术之间的关系日趋紧密，量子技术在医学领域得以应用，比如利用量子点进行的放射疗法（靶精确**瞄准**癌细胞，避免健康细胞遭到破坏）。

下面来看几个第二次量子革命的成果。

量子计算机

电脑的性能取决于集成电路芯片的数量。英特尔的合伙创始人戈登·摩尔在 1965 年提出了摩尔定律，预测集成电路上可容纳的晶体管数目大约每 18 个月便会翻倍。

这种增长是指数级的，让人难以想象，因为我们的头脑更习惯于进行线性计算。为了更形象地说明这一点，我们只要知道，现在随便一个人口袋里手机的性能，都比美国国家航空航天局第一次发送人类登月时用的计算机的性能强好多就行了。

但是依据摩尔定律，这种增长有一个界限：当晶体管小到原子大小，就不再适用了。到那时，量子力学中那些最奇特的法则就会生效，比如电子会因为“隧穿”跑到电线之外，那短路就是必然的结果。

这便是量子计算机投入使用的时刻了。

在传统计算机中，信息的最小单位是比特，也就是二进制，用“0”和“1”表示；在原子世界中，量子计算机运用的量子计算单位是量子位元，是“0”和“1”的量子叠加。

由于量子位元有能力同时处理不同状态的任务，因此我们可以利用它同时完成叠加任务，就好像我们的电脑同时在多个世界中运行一样，大大缩短了得到最终答案的时间。

用量子计算机可以瞬间**解决**的问题之一就是因式分解。

我们在网购的时候，有时会用到信用卡，信用卡的信息需要在这一过程中做汇编处理，从而避免盗刷，而因式分解是这种编码处理的基础。分解一个较小的数字还相对简单，12 可以被轻松分解成 3 和 4。但当数字相当大的时候，问题就会发生本质的改变。如果让普通计算机分解一个上百位的数字，夸张点说，可能需要花上一个世纪的时间。

但这并不是量子计算机的主要任务。

正如我们能想到的，将解密信息的功能运用到任何一个国家的情报机关都是非常有吸引力的，而量子计算机马上就能让它成真——这已经不是一个“科幻的”美梦了。

现如今，很多研究中心都已经开始使用量子计算机做运算了，比如赛斯·劳埃德工作的麻省理工学院，以及由西班牙人伊格纳西奥·希拉克领导的德国马克斯·普朗克量子光学研究所。

不过，虽然这个研究领域的发展速度已经比预期快得多，但目前通过量子计算机处理完成的任务依然是十分基础的问题。

例如滑铁卢大学的研究团队已经能成功控制 12 量子位元，这相当于二进制中的 1000 比特，或者相当于一台 50 年代的计算机。这个数字听起来有点让人灰心，但其实能控制的量子位元只要达到 60 或者 70，量子计算机的计算能力就会超过世界上所有计算机计算能力的总和。

如今的量子计算机就像普通计算机诞生之初的样子，体积大到要占据好几个房间。量子技术面临的最大挑战就是我们之前提到过的退相干——让脆弱的量子态能够保持一会儿，而不是一与外界环境接触就被破坏，这样我们才有可能对其进行处理。

这些新科技的应用可能会造成一些恐慌，譬如我们的隐私信息还是隐私吗、使用量子计算机的人是否会轻而易举地窥探我们的隐私？

俗话说得好，上有政策，下有对策。有了量子物理学，就相当于有了一个新的加密系统。与传统的加密系统不一样，它利用了因式分解的原理，所以是绝对安全的。

量子密码学

量子物理能够让我们利用它奇怪的特性，用安全的方式给信息编码。有很多关于量子密码的协议，我们现在只介绍两个原始的：BB84 协议[①] 和 E91 协议[②]。

---

① 查尔斯·贝内特与吉勒斯·布拉萨德于 1984 年发表的论文中提到的量子秘钥密码分发协议，所以被称为 BB84 协议。——译者注

② 由阿图尔·艾克特于 1991 年发表，故称 E91 协议。应用了量子纠缠技术。——译者注

BB84 协议的名称来源于创造者查尔斯·贝内特（Charles Bennett）与吉勒斯·布拉萨德（Gilles Brassard）的姓氏首字母。它大胆运用了波函数的叠加和塌缩原理，也就是之前提过的那个“观察和测量会改变量子状态”的奇怪现象。

试想，爱丽丝想要发给鲍勃[①]一条秘密信息。她害怕善妒的伊娃看到信息内容，于是决定给鲍勃发送一组密钥—— 一组他们用作通信符号的密码，这样他们就可以随意通信，避免他们发布的任何信息被人窃取。

假如爱丽丝利用一个传统的通信渠道，比如一只信鸽、无线电信号等，那么伊娃就可能截取密码。有了密码，伊娃就可以轻松破解爱丽丝传递给鲍勃的信。

假如爱丽丝能利用量子世界的特性，那么一切就会截然不同。她可以将信息存储到量子粒子上，一旦伊娃截取了信息，那么她对粒子的观察或者测量就会改变粒子状态，原始编码也就被破坏了。

当鲍勃拿到被伊娃截取过的密钥的时候，就会发现已经有人在他之前看到过密钥。这样，伊娃截取密钥的事实就暴露了。

爱丽丝和鲍勃这时需要做的就是放弃这组密钥，继续发送新的密钥，直到确定一个没有被伊娃截取的密钥。一旦有了新的密钥，他们就可以自由而安全地交流了，因为只有他们两个有通信符号。

E91 协议利用的是量子物理学的另外一个现象：量子纠缠态。

为了不让伊娃截取密钥，爱丽丝这次利用了爱波罗悖论来复制量子隐形传送。

将密钥通过量子隐形传送的方式传给鲍勃，就不会有任何人能够截取它，因为隐形传送不需要借助任何通道，信息可以直接“出

① Alice 和 Bob 二者都是在密码学和电脑安全中的惯用角色。——译者注

现”在收件人的手上。

下面就来具体介绍一下利用纠缠态的量子隐形传送。

尽管量子加密听起来还有点像科幻小说里的内容，但现在已经有一些公司提供这样的商业服务了，比如日内瓦大学研究团队创立的 Id Quantique 公司。2007 年的瑞士大选就运用了量子加密模式来保证投票的安全。

量子隐形传送

对乾坤大挪移的想象早已存在，这在很大程度上来源于科幻故事或武侠小说。我们多么想忘掉汽车、飞机以及任何一种交通工具啊！很多人都会想到《星际迷航》中的那句经典台词：“斯科提，把我传送上去!”

虽然人类的隐形传送还仅限于想象的世界，但量子的隐形传送已经实现了。

1993 年，一个研究团队利用量子世界的特性，提出了实现量子隐形传送的理论基础。4 年之后，以奥地利著名物理学家安东·蔡林格为首的研究团队首次实现了光子的隐形传送。

《星际迷航》中会用几台神奇的机器扫描将要被传送的物体，以便在目的地重塑它。实际上，量子隐形传送和我们在电视剧中看到的情况还是有所不同的。

量子力学在这里给我们出了一个难题。海森堡不确定性原理告诉我们，电子的位置和速度无法同时被准确测量，因此我们无法精确地扫描一个人或一个东西，然后在另外一个地点重塑它们。

量子隐形传送利用纠缠态避免了这个问题。

试想爱丽丝想从地球将一个物体（在实践过程中，物体会被缩

小成几个原子，但是为了举例方便，依然使用“物体”这个词）传送到阿尔法空间站这么一个特殊的地方，她的朋友鲍勃在那里。

爱丽丝将要传送的物体放在粒子拼盘中，这些粒子和鲍勃所在的空间站的粒子拼盘处于纠缠态。在特定时刻，鲍勃空间站里的粒子就会还原为初始对象，量子隐形传送就实现了[①]。

这个过程有很多值得推敲的细节。第一点是，我们传送的究竟是信息（或者说量子态），还是物体本身？我们需要鲍勃拿到的粒子拼盘和被传送物体的质量相同。

第二点是，我们说的是量子隐形传送，而不是量子复印机。这要求不对被传送物体进行任何复制，传送任务实现的时候，也是原始物体自毁的时候。针对这一问题，量子力学中有一个定理叫**不可克隆**定理，即禁止对一个物体进行完全复制。

虽然人类的隐形传送仍然停留在科幻小说中，但这项技术很快就会在信息加密中有所应用。

克拉克三大定律

无论是以电影、电视剧，还是小说形式呈现的科幻题材作品，都绝不只是因为厌倦了日常现实而产生的奇思幻想。科幻是一个可以释放想象力的领域，我们可以针对任何事物随意发问，就像见到什么都要打破砂锅问到底的小孩子一样。

我们越长越大，不再质疑身边的一切，也会觉得小孩子们问的问题十分荒唐，但这些问题其实才是解释现实的根本，比如“为什么水可以将东西弄湿”或者“为什么地球是圆的”。

---

① 协议的具体内容见第 9 章附录。

下面就来介绍一位从来没有丢掉童年好奇心的人，他从来没有停止对身边的一切提问，尤其是有关科学以及人类未来的提问。

绘制月球地图的孩子

第一次世界大战后期，亚瑟·查尔斯·克拉克出生在一个英国沿海小村庄，电影《2001 太空漫游》的灵感来源就是他的一部作品。他的科幻小说和科普作品影响了很多最终成为宇航员还有科学家的年轻人，更引发了人们对于人类和宇宙之谜的许多思考。

他和艾萨克·阿西莫夫齐名，被称为 20 世纪科幻大师。

亚瑟从小就热爱科幻作品，迷上了 20 世纪 30 年代开始在美国发行的杂志《惊骇科幻小说》。在童年的时候，他就画出了月球的地图，唯一使用的工具就是一个自制望远镜。

他在伦敦国王学院学习数学和物理，学生时代居住的青年公寓也成为了英国星际协会的所在地。

1945 年，亚瑟发表了一篇推动人造卫星发展的文章:《世界通信的未来：火箭站可以提供世界范围的无线电信号吗?》。为了纪念他，地球静止轨道也被命名为**克拉克轨道**，亚瑟也被认为是第一颗通信卫星的发明者。

1957 年，他的观点成了现实。那一年，亚瑟去巴塞罗那参加国际航空研讨会，那刚好是斯普特尼克 1 号[①] 发射的日子。亚瑟那时候已经完全投入到了科普工作当中，在 20 世纪 60 年代，他还受哥伦比亚广播公司邀请，解说了阿波罗号登月的全过程。

他的声望在 1968 年达到了顶峰，那一年他的小说《2001 太空漫

① 第一颗进入行星轨道的人造卫星。——译者注

游》出版，斯坦利·库布里克拍摄了同名电影，并由亚瑟担任编剧。

1981 年，冠以克拉克之名的小行星 4923 诞生了，尽管他还在为没能以他之名给小行星 2001 命名表示遗憾，他说小行星 2001 已经“用一个叫爱因斯坦的名字命名了”。

此外，亚瑟·查尔斯·克拉克还为我们留下了三条基本定律，在科普团队成员中被广泛传播。

不可能的三“最”

定律一：如果一个年高德劭的杰出科学家说，某件事情是可能的，那他基本就是正确的；但如果他说，某件事情是不可能的，那他很可能是错误的。

对于这一定律，克拉克亲自给出了“年高”的定义和范围。他认为，在物理学、数学和航天学界，30 岁就已经算“年高”了；而在其他领域，“年高”的范围会更宽，当然也会有很多例外。

第一条定律提醒我们，重新定义“不可能”的时候也许到了。“不可能”在很多时候都会成为一种阻挡我们看得更远的思想障碍，现代历史充满了对“不可能”的质疑。

- 数学家、物理学家、皇家学会主席、第一代开尔文男爵在 1895 年曾断言：“靠比空气重的飞行器飞行是不可能的。”
- 1920 年前后，当戴维·萨尔诺夫向公司建议投资无线电新工业，回复的原话是：“一个无线音乐盒子是没有任何商业价值的，谁会为没有具体收信人的信息买单呢？”
- “把人装进火箭，用可控的方式将他发射到月球重力场中，机组人员可以在那里做科学研究，甚至可以活着登月再返回地球……所有这一切不过是儒勒·凡尔纳的春秋大梦罢了。

我就足够大胆地说，无论未来科技有多大的进步，航天这件事在人类世界是永远不可能实现的。”

这些话是有着美国无线电先锋之称的李·德福雷斯特在 1926 年说的。10 年之后，《纽约时报》刊登了这句话：“火箭永远冲不出大气层。”

- 亚瑟·查尔斯·克拉克也在 2001 年 2 月的《读者文摘》中提到过一个现代预言家犯的极大的错误：“谁都无法预言未来。人们唯一能做的就是勾画可能的未来……因为任何预言都在短短几年之后显得荒唐可笑。最经典的例子就是 IBM 总裁在 20 世纪 40 年代说过的‘全世界只需要五台电脑’，这还没我办公室的电脑多呢。”

定律二：探索可能性界限的唯一方法就是跨越界限，到不可能中去探险。

2012 年 10 月 14 日，费利克斯·鲍姆加特纳做了一件可以验证这条定律的事。这个奥地利人从 16 岁起开始练习跳伞，之后就开始着迷于一切不可能的事情。加入奥地利特种部队之后，他在 1999 年从马来西亚吉隆坡国油双峰塔上跳下，打破了人类跳伞的最高纪录。

在冲破了很多极限之后，鲍姆加特纳又萌生出一个看似绝对不可能实现的计划：在不借助任何飞行器的自由落体状态下突破音速。如果实现了这一目标，就意味着他将打破由美国跳伞运动员约瑟夫·基廷格在 52 年前创下的从 31 333 米处跳伞的纪录。他将一个氦气球悬挂的太空舱升空，这个设备在此之前曾经达到的最大高度是 34 668 米，不过从这个高度跳下，这是氦气球太空舱驾驶员从来没有想到过的事情。

为了完成这项壮举，鲍姆加特纳需要打破两项纪录。带他升空的氦气球厚度只有 0.02 厘米，上升高度是 39 045 米。这个高度已经达到了平流层，一出舱门他的瞄准器就被冻坏了，但这只让他对这次跳伞犹豫了一下。最终，他从黑色的宇宙跳向地球，下落速度达到了 1342 千米 / 小时。在这个速度下，他的身体不可控制地翻滚着。在马上就要昏厥之前，他成功打开降落伞并安全着陆，这次不可能之跳一共持续了 4 分 36 秒。

他活蹦乱跳地在自己的网页上挂了这样一句话：每个人都有极限，但不是每个人都会接受它。

定律三：如果一项技术足够先进，就和魔法没什么区别了。

假如我们穿过时光隧道，给一个仍然生活在岩洞里的原始人送去一个手机，让他和千里之外的人通话，他会有何感想？因为对这项科技一无所知，他应该会觉得自己看到的就是魔法吧。

这是电影《上帝也疯狂》中的一个桥段。电影中，一个从来没有接触过西方文明的原始人看到一个可口可乐瓶从天而降，这个瓶子是被驾驶员从一架小飞机上扔下去的。由于他之前从未见过这样的东西，就认为这是“神赐之物”，并且在他居住的小镇也引起了很多冲突。

对于克拉克的这条定律，漫画《天才女孩》的主人公阿加莎评论道：“任何一个魔法被分析得足够多了之后，就绝对是科学了。”

这条定律值得我们驻足思考。仔细回想，很多被认为是魔法的现象在深入研究之后，都会有一个科学的解释。

对科幻的憧憬

克拉克的科幻作品带我们跨越了可能性的极限。但是为了达到娱乐的目的，这些电影和小说有时候会优先考虑视觉效果，而将科学的精确性放到了一边。很多经典科幻电影都不符合物理法则，之后我们再具体展开。

这些“科学错误”带来的积极的一面是，我们可以纠正这些错误，从趣味中学习物理知识，还可以培养批判精神。

下面来看 20 世纪下半叶几部流行的科幻电影中最常见的科学错误。

- **星系大战类**。在电影《星球大战》以及其他很多电影中，宇宙飞船爆炸时都会燃起熊熊火焰，并伴有震耳欲聋的轰隆声。

  第一个错误：声音的传播需要介质。既然宇宙是真空的，那么它应该是绝对安静的。遗憾的是，很少有电影能做到这一点。但是，我们可以介绍一下亚瑟对《2001 太空漫游》导演库布里克的影响——在这部电影的飞船爆炸时，唯一可以听到的只有宇航员在太空服中的呼吸声，以及配合这一场景的古典乐。

  第二个错误：太空中的爆炸是根本不可能产生火焰的，因为太空中没有氧气助燃。
- **人、虫畸变类**。所有患有蜘蛛恐惧症和做过关于蜘蛛的噩梦的人，比如哈利·波特的好朋友荣恩，都可以安心睡个好觉了。根据伽利略提出的平方立方定律[①]，这些异形的身体并不

① 由伽利略首次描述，指当一个物体经历了大小上的成比例增长之后，它的体积呈立方增长，表面积呈平方增长。——译者注

符合比例关系，根本不可能站稳。

水果和平方立方定律

假如将一个梨的体积翻倍，它的重量就会变成原来的 8 倍，和树枝连接处的梗也需要承受原来 4 倍的重量。这就是为什么梨可以长在树上，而西瓜只能长在地上。

艾萨克·阿西莫夫在将电影《神奇旅程》剧本改写成小说时发现了其中出现的错误。潜水艇及其机组都缩小了 1600 万倍，变成了一个细菌那么大。缩小之后，被一位患者所感染，进入他的血液当中。在这么微小的体积比例下，空气分子对小小的机组人员有篮球那么大，他们怎么可能呼吸呢？
至于那些巨型蜘蛛，它们细细的腿完全无法支撑变大后的身体，至少在地球上是不可能的，它们的体重就足以把自己压折。

- **星球引力类**。科幻电影还有一个问题，那就是不同星球的引力。月球的引力是地球的六分之一，《丁丁历险记》里的宇航员在月球上走路都是一跳一跳。但在比地球质量大的星球上，人类行走却是极其困难的。
  这个细节在动漫《七龙珠》里已经有所体现——为了能够在外星球灵活作战，孙悟空在重力室里进行训练。
- **语言类**。火星上有语言学校吗？那些从宇宙天际来的外星人总是能说一口流利的英语，当然，这没有违反任何物理定理。在道格拉斯·亚当斯的喜剧《银河系漫游指南》中，语言这个问题是这么解决的：主人公不得不将一种叫作“巴别鱼”的鱼放在耳边，这样才能听懂银河系中的其他语言。

第 10 章

亲爱的夸克，万物之根！

上帝说，要有光，于是便有了光。

——《创世纪 1-3》

飞往瑞士的国际航班是在一个天气阴暗的灰色上午从巴塞罗那出发，越过阿尔卑斯山前往日内瓦的。

我提醒坐在身边的弗兰塞斯克欣赏窗外阿尔卑斯山的壮观景象。

“太美了，不是吗?”我指着窗外的勃朗峰山尖对他说。

这时正好有一架飞机从离我们不远的地方飞过，留下了一道白烟。

“我从小就喜欢观察飞机飞过时在天空留下的白烟。”弗兰塞斯克说。

“这些长长的尾巴并不是你说的烟,”我向他解释,“那是大气层中水的‘过冷却’现象，这时的水正处于一种‘不稳定’状态。飞机穿过时破坏了这里的平衡，水蒸气凝结，于是就产生了这些白色的云。”

空乘小姐打断了我们的谈话，给我们分发了午餐：一杯茶和一小块儿三明治。我们今天起得太早了，实在很需要这个加餐。补充好能量之后，我继续我的解释。

“最初的粒子检验器的工作模式就和我们刚刚看到的飞机云类似。这种检验器叫作云室，从很大程度上，它诞生于一次幸运的偶然。苏格兰物理学家查尔斯・汤姆森・里斯・威尔逊曾经在英国本土最高山峰本尼维斯山顶进行过一些关于云的研究。他非常专注于这项研究，于是开发出了一个能够模拟山顶大气条件的装置，并在卡文迪许实验室建造了人造云室。”

“我猜他发明这个装置是因为总往山顶跑实在太累了……云室效果怎么样？”

“效果不仅好，而且还得出了意料之外的满意结果。为了给云做实验，威尔逊向云室进行阿尔法粒子[①]照射，阿尔法粒子留下了一条像飞机云一样的痕迹。和飞机不同，威尔逊做实验用的粒子非常小，小到无法用肉眼看清，但正是由于这条像飞机云一样的痕迹，他才得以确定粒子经过的路线，也由此证明了这种粒子的存在。1921 年，也就是在 1911 年第一次将云室公之于众后的第 10 年，威尔逊和亚瑟・康普顿一起获得了诺贝尔物理学奖。”

“我们现在要去的超大实验室就是威尔逊实验室的升级版，对吗？”

“有点不一样，但目标相同：研究明白宇宙中我们身边的一切是由什么组成的，又是什么将这一切连接在一起。”

还有几分钟就要到达日内瓦机场了，我们根据空乘人员的指示做好降落准备。

10 分钟之后，我们在航站楼的出口处看到了一位“老朋友”——一块当我还在这个巨大的研究中心当学生的时候，就吸引我的标示牌。

① 即 α 粒子，是某些放射性物质衰变时放射出来的氦原子核。

欧洲核子研究组织：万维网诞生的地方

外面下着毛毛细雨，目的地在距离我们 8 千米的地方，我们准备打车前往。

花了大约 50 欧元的车费后，我们到达了目的地，在门卫处领取了通行证——有了它，便可以自由出入这座实验室了。这里正在进行人类最伟大的研究：模拟宇宙的诞生。

宇宙大爆炸的五张黑影照片

诺贝尔物理学奖得主史蒂文·温伯格在他的科普作品《最初三分钟》里，用五张黑影照片表现了宇宙起源最初的三分钟。

第一个画面。大爆炸百分之一秒后，温度达到了 1000 亿开尔文[①]。那时候的宇宙一片混沌，物质和辐射密度极高，是水密度的 38 亿倍。

第二个画面。第一个画面之后的 0.11 秒，温度就已经降到 300 亿开尔文了。

第三个画面。在第 1.09 秒，温度下降到 100 亿开尔文，核力尚不足束缚粒子，中微子和反中微子向外逃逸，这时的能量密度仅仅是水的 38 万倍了。

第四个画面。爆炸后的第 13.82 秒，温度下降到了 30 亿开尔文。宇宙的温度已经足够低了，氦类稳定原子核形成。

第五个画面。3 分 2 秒过去了，这时的温度是 10 亿开尔文，是太阳温度的 70 倍。

---

① Kelvin，温度计量单位，符号为 K，表示温度差时 1K=1 摄氏度，摄氏度 T 和开尔文 t 为一次函数关系 T=t+273.15。——译者注

在此后的70万年中，宇宙继续膨胀并且降温，在这期间形成了星系和星星。

100亿年之后，人类模拟了宇宙诞生的最初三分钟。

世界上最小的动物园

CERN的咖啡厅很像大学里的自助食堂。拿了两个蔬菜三明治和两瓶汽水之后，我和弗兰塞斯克一起在收银台排队。

“所以是在云室的实验中发现了你上次旅行讲的夸克吗?”弗兰塞斯克问。

“当然不是了，你跳过了好几章内容呢！那只是漫长旅行的开始。通过最初的检验器，我们发现了来自宇宙射线的新粒子，但是第一台粒子加速器直到1940年才发明出来，研究也开始有意思起来，越来越多的粒子出现了：电子、质子、中子、渺子、K介子、π介子、Λ粒子、Ω粒子……”

“你是要把希腊字母表背诵一遍吗？真快成粒子动物园了!”

付过钱之后，我们在咖啡厅的一张圆桌坐下。

“确实像动物园。有段时间粒子物理学界还是比较混乱的。在20世纪60年代中期，大约识别了将近200种粒子。你刚才的比喻非常好，那时的情况就像是一个无序的量子动物园。我记得有一个关于物理学家恩里克·费米的趣事。一次一个学生问他，某种具体的粒子叫什么名字，他是这么回答的:‘年轻人，我要是能记住所有粒子的名称，我就可以去当植物学家了。’”

“一点都不奇怪。”弗兰塞斯克说，“这个情景和德谟克利特最初找到‘原子’的想法有点出入，那时人们还以为原子是不可拆分的

呢。但正如我们之前说过的，套娃中最里面的那一个是默里·盖尔曼提出的夸克。”

“你又把后面的内容提前了，不过方向是正确的。在这个混乱的动物园里，是默里·盖尔曼引入的夸克维持了正常的秩序。这几百种粒子中的很多粒子都由更小的元素组成，这些元素被命名为夸克。这一概念的引入使问题简单了很多。”

“我特别喜欢在《量子的爱》中读到的关于默里·盖尔曼为什么起了夸克这个名字的故事。他是在詹姆斯·乔伊斯的烧脑小说《芬尼根的守灵夜》里找到的这个词。书中的原句是：‘向麦克老人三呼夸克！他没什么个性，即便有那么一点点，但也并不显露！’[①]”

“弗兰塞斯克你太棒了！”我轻拍他的肩膀，“有了夸克这一概念，盖尔曼将所有粒子进行了分类，甚至还预言了一些没有被发现的粒子。起初只发现了三种夸克，但是在 1974 年又发现了第四种。”

“所以盖尔曼也没能够将一切简化为一种粒子？”

“当然没有了。所有这些都被纳入了如今的粒子物理学标准模型，这个模型力求解释自然界中的物质和力。它包含了自然界中的所有力，比如电磁力、强力、弱力，但唯独没有引力，因为引力不适用于这个模型[②]。它还说明了物质是由夸克和轻子（类似于电子的粒子）组成的，而载力粒子则是玻色子。”

我取出笔记本电脑，给弗兰塞斯克看一个图。

“这些就是粒子家族的所有成员。六种夸克、六种轻子、五种玻色子，玻色子中还包括著名的希格斯粒子。”

---

① 《芬尼根的守灵夜》被认为是文学史上最晦涩难懂的小说之一。

② 到目前为止，还没有能在全宇宙通行的关于力的统一理论。爱因斯坦在他生命的最后几年也致力于这一研究，然而却没能得出结论。

弗兰塞斯克把头靠近了一栏，当他看到排成一列的三个中微子装扮成鬼怪的样子时，吓得叫了起来。

“该死的中微子！这些就是不久前还胡搅蛮缠的粒子对吗？我记得几个月前媒体说，人们推测中微子的运动速度已经超过光速了。”

夸克
上夸克
下夸克
粲夸克
奇夸克
顶夸克
底夸克
轻子
电子
电子中微子
渺子
渺子中微子
陶子
陶子中微子
玻色子
光子
胶子
W 玻色子 Z 玻色子
希格斯玻色子

标准模型的物质三代族谱

“对，自从 1930 年沃尔夫冈·泡利提出中微子的存在之后，物理学家就一直为此头疼。而和泡利一起提出存在中微子的弗雷德里克·莱因斯更是曾经评价说：‘中微子什么都不是，或者说几乎什么都不是，它只是人类从来没有想象出的一个极小的粒子。’我一直都叫中微子极小的魔鬼，它们几乎不与任何粒子相互作用。你现在看

看自己的大拇指。”

弗兰塞斯克很听话地看着自己的手。

“就是现在，无数中微子正从你的指缝间穿过。”我说。

“可是我什么都没有感觉到！”

“我不是早就告诉你了嘛，中微子几乎不与任何粒子发生相互作用。它不仅可以穿过你的手指，还可以毫无障碍地穿过地球。”

“那中微子是从哪里来的呢？”

“一部分来自太阳，它们不分昼夜地穿过我们的身体；有的来自宇宙射线和大爆炸，也就是宇宙起源的时候；还有的来自地球上的很多相互作用……我们自身也会产生中微子。”

“简直不敢相信！我难道正在给你发射中微子吗？”

“是的。人体携带有大约 20 毫克的钾 -40。当发生 β 衰变时，每天产生的中微子数以百万计。中微子以接近光速的速度逸出我们的身体，向宇宙的每一个角落发射着人类存在的信号……”

“中微子简直太神奇了！”

“我们再来说说中微子的运动速度……正如你之前所说，2011 年 9 月，OPERA 项目[①]的一个科学团队得出了一个惊人的实验结果：一颗中微子由日内瓦欧洲核子研究组织发出，传送至 730 千米外的意大利格兰沙索国家实验室感测器，所用的时间比光在真空中穿过相同距离所用的时间短 60 纳秒。”

“爱因斯坦不可能接受这个结果，在他看来没有什么物体的运动速度可以超过光速。”

“任何携带信息的物质都不可能快于光在真空中的传播速度，即

---

① Oscillation Project with Emulsion-t Racking Apparatus 的首字母缩写，是一项旨在监测中微子振荡现象的实验。——译者注

便是中微子也不可能跳出宇宙速度的极限。最终发现，之前的实验数据存在测量错误。”

“太可惜了，这个结果一定引起了轩然大波吧。”弗兰塞斯克评论说。

“确实如此。大家本来都以为中微子的这个特点可以为科学研究带来新的发现，但最终却以格兰沙索国家实验室 ICARUS 实验团队的报告告终。中微子的确是个古怪分子，但依然跑不出爱因斯坦相对论的理论体系。”

“最终，ICARUS 实验团队的报告给 OPERA 研究项目画上了句号。”

没有粒子就没有宇宙

马可·波罗一块石头接一块石头地描述着一座桥。

“但哪一块才是支撑桥的石头?”忽必烈大汗问。

“桥不是由这块石头或者那块石头支撑起来的，是石头形成的拱支撑起了桥。”马可·波罗说。

“那你为什么还跟我说石头？我只关心拱。”

马可·波罗回答:“没有石头就没有拱。”

——《看不见的城市》，伊塔洛·卡尔维诺

愿力与你同行

我注意到弗兰塞斯克正安静地透过咖啡厅的落地窗向外观察，他的目光停留在花坛上方一个巨大的管子上。这个管子和位于地下 100 多米深、周长 27 千米的加速器一样，上面还刻着字:“欧洲核子

研究组织：为科学提速”。

“我那些长长的解释让你无聊了，是吗？”

“哪有，恰恰相反！”弗兰塞斯克立刻回答，“索尼娅，我想到一个问题，为什么要建造一个像我们脚下的加速器这样巨大的机器？需要这么大的机器去跟踪那么小的粒子吗？”

“在 LHC[①] 实验中，科学家们试图重现宇宙诞生之初的瞬间，也就是一切开始的时候。我比较倾向于把它想象成一个巨大的时间机器。通过粒子加速器以及粒子之间的撞击，我们能够重演‘大爆炸’之后十亿分之一秒内发生的事情。”就在这时，我们十分应景地听到了厨房传来了盘子打碎的声音，“我们目标远大：要弄明白物质是由什么构成的，是什么力量使粒子结合，以及从眼前制成桌子的木头到宇宙中无数繁星，都是怎么形成的。”

“但是为什么非要回到大约 150 亿年前去找原因呢？你们可以来研究我，看看我是由什么构成的。我已经决定了，要把自己捐给科学研究。”

“你的献身非常慷慨。”我笑着对他说，“返回宇宙形成之初开展研究的好处是，那时的宇宙要比现在的宇宙简单得多。”

“那我们自己、我们的大脑或者周围世界的复杂性，都是宇宙的衰老造成的吗？”

我点点头，表示认同。我很喜欢弗兰塞斯克的观点，我总是不可避免地将衰老与智慧联系在一起。

“布莱恩·考克斯曾对此做过一个美好的比喻。你肯定用手掌接过雪花片。当你凑近观察雪花片的时候，会发现它是一个特别美丽且特别复杂的结构。但当你的体温将它融化之后，它就变成了一滴

① 英文 Large Hadron Collider 的首字母缩写，大型强子对撞机。

小小的水珠，是最基础、最简单的 H_2O。基于这个道理，我们需要回过头看从前，回到最初、最简单、美丽又复杂的雪花片化成水时的状态，那就是宇宙之初。”

弗兰塞斯克看了一眼我那一口没碰的三明治。我一直在说话，甚至忘记了吃饭。

“你还是吃一点吧，我们的带队游览几分钟之后就要开始了。”

我快速将手中的三明治吃完，发现弗兰塞斯克又一次陷入了自己的思绪。

“给你一便士，告诉我你在想什么。”

“我在想标准模型呢。”弗兰塞斯克坦白说，“物质是由粒子、夸克和轻子组成的，这一点我理解，但是玻色子具体起什么作用呢?”

“太好了，说了这么久关于粒子的话题，我还以为你已经厌烦了呢……任何有质量的粒子之间都会产生相互作用力，这个粒子由夸克和轻子组成，而发生相互作用的原因就是因为玻色子的存在。”

“我不确定自己是不是真的听懂了。”

“比如电磁力就是一种使原子和分子结合在一起的作用力。”

“同时也是让我能在椅子上坐稳，而不会坐穿它的作用力。我记得这是你在索尔维之旅中给我讲过的内容。”

“完全正确！另外，电磁力还是光、X 射线、微波、无线电波等能够传播出去的基础。电磁力中起作用的粒子就是光子。”

“就是组成光的微粒?”

“是的。光子可以被任何一个带电粒子发射或者吸收。”

“那么发射或者吸收光子就可以产生电磁力了?”

“你滑冰滑得怎么样?”我突然问弗兰塞斯克。

“我可不是什么滑冰好手……”

“你想象一下，我们两个穿着冰鞋，面对面站在一个冰场上。我手里拿着一个篮球，使出全身的力气将它扔给你。当你接住它的时候，你会怎么样？”

“受到球的撞击，我会向后滑动。”

“更准确地说，我也会向后滑动，就好像有个斥力将我们分开。回到量子的世界中，现在想象一下，我们就是同极的两个带电粒子，这时候，光子就像那个篮球一样让我们远离彼此。”

弗兰塞斯克安静地等我讲完这个比喻。

“你可以继续把我们俩想象成两个带电粒子，不过是不同极的。这次我不给你扔篮球了，而是我们俩各自手握弹簧的一端。在这种情况下，弹簧会将你拉向我，也就是说，在我们之间作用的是吸引力。而玻色子就是这么工作的：在量子冰场上，它既可以是篮球又可以是弹簧，有时候是粒子间的引力，有时候是粒子间的斥力。”

这时一个漂亮女孩从我们身边走过。她身上穿着 T 恤，T 恤的中间是原子的图案。但原子核的位置不是质子和中子，而是一颗心。

“正因如此，原子才紧密地‘团结’在了一起。”为了将弗兰塞斯克的注意力拉回来，我接着解释，“能够将质子和中子在原子核内束缚在一起的作用力，叫强相互作用力。而在这中间起作用的玻色子叫作胶子。胶子的名字可大有来头，它源于英语单词 glue，就是胶的意思。它将夸克‘胶粘’在一起，就成了质子和中子。”

弗兰塞斯克思考了一下，又问：“那弱相互作用力又是什么玩意儿？”

“弱相互作用力解释起来可复杂了。当粒子裂变或衰变的时候，比如质子衰变成中子，就是弱相互作用力的功劳。举个例子，当一个渺子衰变成电子的时候，我们就可以说它的‘味道’变了。”

“说到味道……这个三明治什么味道都没有。美国国家航空航天

局的宇航员们吃的不会就是这种三明治吧？”

“不知道。好了，你现在已经基本认识了构成标准模型家庭的所有粒子成员了，它们有六种夸克、六种轻子，还有玻色子——产生那三种相互作用力的关键。但我们还没提到这里的明星粒子：希格斯玻色子。过一会儿再解释这个，讲解员来了。”

就在这时，米尔科进来了。他是我学生时代的好朋友，现在是大型强子对撞机研究的带头人。他一会儿将带着我们参观欧洲核子研究组织。

“你们是来参观的，还是来喝咖啡的？走吧，表演五分钟后正式开始！”

全世界最大的实验室

我们跟随米尔科走向那座位于地下百米左右的建筑，也就是大型强子对撞机研究中最大的四台监测器之一。为此，我们必须穿过欧洲核子研究组织主楼里像迷宫一样的走廊，物理学家们乱糟糟的办公室就在这里。

我们的朋友兼讲解员边走边给我们简单讲述了这座巨大的研究中心的历史。

“欧洲核子研究组织创建于 1945 年，主要为了促进欧洲的基础研究，并且减缓受二战影响，科学家向美国移民的速度。这里的首要任务是，推进研究、解决宇宙谜题并拓展技术边界，鼓励世界各地的科学家们一起合作开展研究。在欧洲核子研究组织，科学工作将各个民族联系在了一起。我总是喜欢强调欧洲核子研究组织的与众不同，因为这里的任何目标都和政治或军事没有关系。我们中心

的所有研究结果都是公开的，对所有感兴趣的人开放。”

“研究中心的名字是怎么来的？”弗兰塞斯克问。这时，他被两位在黑板前讨论的科学家吸引，黑板上写满了奇奇怪怪的图表和公式。

“研究中心的名字 CERN 是实验室法语名字 Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire 的首字母缩写。”我快速回答他，“尽管官方名称中会把 Conseil[①] 换成 Organisation[②]，但是在缩写 CERN 中依然保留了字母 C。”

“这里是全世界最大的粒子研究中心。”米尔科说，“粒子研究的瑰宝，大型强子对撞机就建在这里。加速器轨道周长 27 千米，位于地下 100 多米处。这是人类建造的最大的机器！”

“这还不是大型强子对撞机创造的唯一纪录呢！”我笑着补充说，“这个加速器是地球上最快的通道。在全长 27 千米的隧道中，一共有 9300 块磁铁为两个质子束加速，让它们以接近光速的速度沿着相反方向运行。100 亿亿个质子在发生撞击之前，每秒钟绕机器运行 11 000 周，宇宙产生之初的环境就会在撞击中重塑。”

“我头都晕了！”弗兰塞斯克大叫。

“你们应该能够想到，大型强子对撞机里面的磁铁并不是普通磁铁。”

“就是说跟我家冰箱门上的磁铁不一样呗。”弗兰塞斯克开玩笑说。

“确实不一样，但是你也没有跑题，我正要说说冷冻的温度呢。大型强子对撞机除了是世界上最大的机器，有最快的通道之外，它

① 法语，意为理事会。——译者注

② 英语，意为组织。——译者注

还是最强大的冷冻间。南极是地球上最冷的地方，那里的最低温度可达零下 80℃，但大型强子对撞机的最低温可达零下 271℃！为了达到这个温度，需要消耗 120 吨的液态氦和 1 万吨的液态氮。”

“为了能够最精准地操控质子束，我们使用的是超导体磁铁。”米尔科接过话题说，“超导体磁铁能够传送电流，却不产生热量，但是却需要在 –271℃的环境下才能正常工作，因此需要保持这样一个环境。既然说到了纪录，用来加速质子的两条管道内部是太阳系里最最真空的地方，里面甚至连一点点气体都不能有。”

“这些质子束是朝着相反方向运动的，也就是说，如果管道里存在任何种类的气体粒子，这些质子束就会和它们发生碰撞，这样就会导致实验失败。”我接着说，“因此，加速质子束的管道必须是绝对真空的。”

超环面仪器①：在绝望中寻找希格斯玻色子

这时我们来到了一个建筑面前，实验室就在它那位于地下 100 多米的地下室中，也是超环面仪器所在之处。这是大型强子对撞机发生质子撞击的四个点之一，撞击之后会发生爆炸，从而产生科学家们希望研究的粒子。

全世界的物理学家都希望在某次撞击中找到那种特别的粒子：著名的希格斯玻色子。

我们走进楼里，一位实验负责人员将安全通行证和一张小卡片递给我们，小卡片将会测试我们在实验室中所承受的放射剂量，这

① ATLAS，A Toroidal LHC ApparatuS 的缩写，CERN 大型强子对撞机所配备的实验探测器之一。——译者注

是参观时必须遵守的安全规则之一。

在进入能下到加速器深处的电梯之前，我们看到一些工作人员需要刷视网膜才能进入限制区。

“安全规则十分重要，尤其在加速器运行期间。”米尔科边说边递给我们每人一顶红色的安全帽，“但现在不用担心，机器在整个圣诞假期中都不运转。”

站在超环面仪器面前，很难不为它的巨大体型所震惊。整个仪器直径为 25 米，长度为 46 米，差不多是巴黎圣母院的一半；重 7000 吨，大约相当于法国埃菲尔铁塔，或者 100 架波音 747 飞机的重量。

加速器就好像一个巨大的蛋糕卷，给质子束加速的管道在中间，管道的周围是一层又一层的监测器。

“超环面仪器是目前最大的粒子撞击监测器。”米尔科的话将我们的注意力从庞大的设备上拉回来，“这里就是质子束发生撞击的四个点之一。这个实验将记录下撞击中发生的一切，数据的数量非常庞大，仅仅是这一台仪器，每秒钟产生的数据量就足够刻录 10 万张 CD。如果将一年里刻录的光盘垒起来，长度会是地球和月球之间距离的四倍。”

“如果我没有理解错的话，”弗兰塞斯克打断说，“质子是由 3 个夸克组成的。因此在质子相互撞击的时候，‘打破’质子的过程实际上就是释放其中的夸克的过程，是这样吗？这些小小的夸克竟然有这么多的信息吗？”

“这些爆炸不仅会产生组成质子的夸克，而且还有很多其他的粒子，它们的名字都很好玩，比如渺子、中微子、陶子……我们希望希格斯玻色子也能早日被发现。”

“我不明白了。”弗兰塞斯克说，“如果两个质子撞击，唯一能产生的应该是构成它们的夸克。索尼娅，你说的这些奇怪的粒子又都是从哪里来的呢?”

“爱因斯坦的质能方程 $E=mc^2$ 告诉我们，能量等于质量乘以光速的平方。不仅质量可以转换为能量，比如原子弹爆炸，能量也可以转换成质量，这就是加速器里发生的故事。好比说你让两个盘子相互撞击，除了会碎成一堆瓷碎片，还可以有勺子、叉子等餐具，而且是原子级的！你觉得呢?”

“我已经开始头疼了……”弗兰塞斯克喘着气。

“你得赶紧恢复体力呀!”米尔科开玩笑地说，“现在我们要去参观放置备用磁铁的地方了，你将会在那看到加速器的结构。”

坐上车，讲解员米尔科带我们去下一个目的地，途中要穿过瑞士和法国的边境线。我几年前在 CERN 工作的时候，每天早晨都要从这里经过，离实验室并没有多远。

那时候我住在小城圣热尼普伊的一所公寓，距离我们参观的实验室大概两千米远。

我从短暂的忧郁情绪中回过神，车很快就到了储存巨大磁铁的地方，这些磁铁随后会被装在大型强子对撞机上。磁铁旁边是加速器模型以及一些组成部件，有了它们，参观者能够更好地理解讲解员的介绍。

“你们可以在这里看到不同种类的磁铁以及组成 27 千米圆周中的 23 千米。”米尔科兴奋地说，“就像之前跟你们说的，建造大型强子对撞机的最大挑战之一，就是要让质子束能够准确地在 27 千米长的管道中运动。为此，需要让粒子在电磁场中运动时拐弯。你们想象一下，有些磁铁甚至长 15 米、重 35 吨！一部分磁铁的作用是保

证运行路线的弯曲，另一部分磁铁的作用是确保质子都集中在质子束里。”

为了让米尔科休息一下，我决定用一个数据来说明撞击是一件不可能实现的事情。

“虽然科学家已经将质子束尽可能地变细，但是仅产生一次撞击就需要使用十万亿个质子。”

“所以我们能得到的撞击其实很少，是吗？”弗兰塞斯克问。

“也不少。你要知道，有一百亿亿个质子在大型强子对撞机的管道中运动，这就是说，每秒钟大概会产生六亿次撞击。”

这时莉娜来了。莉娜是捷克科学家，她的职责是确保磁铁在装上大型强子对撞机之前运行状况良好。莉娜给了我们的讲解员米尔科一个亲切的拥抱。

这是 CERN 另一个让我特别喜欢的地方，它让世界各地的人们因为一个目标联系在一起。当科学家们在讨论宇宙谜题的时候，就早已忘记了彼此之间性别、人种、国籍的差别。我们瞬间变成了浩瀚宇宙中的渺小观察者。

“请你们走近些。”莉娜对我们说，“你们可以在这里看到超导体磁铁的电缆，它们是用丝状的铌钛合金制成的。如果将大型强子对撞机里所有的这种丝状物都连接起来，足够往返太阳 6 趟加往返月球 15 趟。”

“有人想过提名大型强子对撞机入选吉尼斯纪录吗？”弗兰塞斯克说，“我是认真的！这又让我想起了一个困扰我整个旅程的问题……”

“你的问题等会儿再说好吗？”我看着表说，“晚餐已经订好了，在日内瓦吃奶酪火锅。”

目前最大的机器

刚在晚餐桌前坐下，我就鼓励弗兰塞斯克把刚才参观大型强子对撞机时的疑问说给大家听。

“我也不知道是不是要拿这些问题来打扰大家吃饭的兴致，其实也不是很重要。”弗兰塞斯克低着头说。

“所有的问题都是重要的。”我立刻打断他说，“而且你是知道的：‘如果你提问，你只在提问时被当成傻瓜；如果你有问题不问，那么你一辈子都是傻瓜。’”

“为什么要把加速器放到地下呢？”弗兰塞斯克给我们倒上产自瑞士南部的红酒说，“这个实验会很危险吗？”

“大型强子对撞机建在长达 27 km 的地道中，2000 年销毁的上一代加速器也建在同样的位置。”米尔科回答道，“把装置建在地下并不是因为它有多危险，而是因为在地下 100 多米的地方挖隧道要比买地便宜。另一方面，地壳确实可以像盾牌一样屏蔽实验中产生的辐射。”

“也就是说……在地底下模拟小型大爆炸也不会给地球带来危险？”弗兰塞斯克半信半疑地说。

“你完全没必要担心。实验中的这些撞击产生的辐射是很小的，甚至比地球从宇宙接收的源源不断的辐射还小。”

“用这么一点点能量，就足够研究宇宙起源之初发生的一切了吗？”

“是的，在一小束质子中已经集中了相当大的能量，足够重塑和研究大爆炸之初的宇宙密度。”

“如此说来，那些关于实验会造成吞没地球和整个太阳系的黑洞

的说法……”

“如果一颗体积是太阳的 1.5 倍的巨大星体消亡了，那是会形成黑洞的，这个从理论上可以证明。但在大型强子对撞机中，由微小粒子的撞击产生的能量实际上和一只蚊子的能量差不多，即便能产生黑洞，充其量也就是一个微型黑洞。如果真是这样的话，这些黑洞的能量也因为实在太微弱，根本无法卷走周围的质量，也很快就会消失。所以你真的一点都不用担心这个问题。”

“好吧，你又说服了我一点点。”弗兰塞斯克依然无法全然相信，“换个话题，我可以再问你们一个问题吗？”

“快说。”米尔科鼓励他。

弗兰塞斯克给我们倒满酒，好像在试图让我们放松警惕。

“建造这个加速器的经费是公开的吗？不会让我们的口袋也成了黑洞吧？”

“这些数据都是公开的。”米尔科回答，“建造这个装置的花费大约是 30 亿欧元。”

“这是一笔巨大的开支，但银行用于弥补自己经营不善的开销可远远多于这个数！”我有些不满地说，“CERN 自诞生之日起，就致力于推动科学发展，这些科学进步已经使人类的生活变得更加美好。这里研究出来的很多检测器都变成了医院的设备，比如用于肿瘤的放射性治疗。”

“这还没算上在这里诞生的万维网呢。”米尔科补充说，“如果 CERN 没有取消万维网的使用费用，就算每次连接都只收取 1 分钱，现在的收入也可以建造几百台这样的加速器了！”

“我也不想当魔鬼代言人，”弗兰塞斯克补充说，“但的确会有很多人将一座核研究中心和大规模杀伤性武器联系在一起，比如曼哈

顿计划。”

“的确如此，”我回答说，“但是科学本身不能用好或坏来判断，这取决于人类如何利用它。如果我们想利用科学让文明继续发展，那么就要努力让每个人都能够接触到科学知识，让科学知识不再局限于实验室内。”

卡尔·萨根的亚历山大城[①]

卡尔·萨根在《宇宙》一书中对普及科学的重要性做出了美好的评价——在历史长河当中，科学文明曾在某个时刻得到巨大发展，那便是亚历山大图书馆存世之时。

亚历山大图书馆由托勒密王朝建立于公元前 3 世纪。在随后的 7 个世纪当中，亚历山大变成了精英荟萃之地。这个图书馆中不仅收藏了来自世界各地的图书和手稿，而且还鼓励和资助科学研究。我们今天仍在不断探索的数学、物理学、天体物理学、生物学、医学和文学，都在这里得以发展。

图书馆馆长埃拉托色尼在公元前 3 世纪就计算出了地球的直径；喜帕恰斯绘制出了星图，并且测量了星体亮度；欧几里得使几何学系统化；狄俄尼索斯·特拉克斯写出了语法著作，使语言系统化；赫罗菲拉斯第一次证明神经始于脑部；亚历山大港的希罗除了发明齿轮和蒸汽机之外，还第一个写出了关于机器人的故事《自动机》。图书馆还藏有阿利斯塔克的手稿，记录了地球是如何围着太阳转、星星位于距离我们很远很远的地方。

我们却在近两千年之后才重新找回了这些认识。

① 由亚历山大大帝建立的城市亚历山大，位于埃及。——译者注

亚历山大成为了古代的中心与智慧的发源地，不同国家、不同民族、不同文化的人们来到这里，不仅为了交易买卖，而且也为了交流知识。这座城市大概最好地契合了第欧根尼提出的“世界主义”、宇宙居民。人们因为是同一个宇宙的居民而凝聚在一起，而不因为是同一个民族。

萨根提出了一个关键性的问题，为了今后不犯同样的错误，我们应该仔细思考。

是什么阻止了文明生根和开花？为什么西方文明在黑暗中沉睡了一千年，直到哥伦布、哥白尼以及与他们同时代的科学家才使蒙尘已久的亚历山大时期重见光明？我不能简单地回答这一问题。但有一点我是知道的，就是图书馆从未记载过任何科学家和有识之士对当时所谓的政治、经济和宗教产生质疑。那时候关注的话题是星星是否永恒，而却没人在意奴隶制度是否公正。

但是，那里的科学与文化也是为少数权贵保留的，城市里的广大民众根本不知道图书馆里有哪些伟大的发现。新的发现没有被解释，也没有在大众中普及，研究基本上没有给他们带来任何益处。

蒸汽的机械技术主要用在了完善武器、破除迷信、取悦王室上，科学家们从未萌生过利用机器解放劳动力的想法。古代的伟大智慧结晶几乎没有投用到当下的实践中去，科学也从未激发过民众的想象力，也从未反对过发展停滞、悲观主义以及对神秘主义的奉承。

最终，当人民烧毁图书馆的时候，没有人能阻止，这只是大势所趋。

第 11 章

希格斯日：该死的上帝粒子

讲清道理才是硬道理。

——彼得·希格斯

发件人：弗兰塞斯克

收件人：索尼娅

索尼娅，

你好！

感冒好点了吗？

我听说 CERN 将在这个周三举办一次重量级的发布会，“上帝粒子终于现身”，我已经想象到报纸上的大标题了……

我本来不明白这件事的意义所在，但自从和你们一起参观了 CERN 之后，我明白这对那些半个世纪以来一直在寻找希格斯玻色子的物理学家来说，将是一座伟大的里程碑。

我很想知道你的看法，7 月 4 日会成为希格斯玻色子日吗？

祝好！

弗兰塞斯克

PS：我之后给你带点紫锥花喝吧，这是个好用的治感冒偏方。

发件人：索尼娅

收件人：弗兰塞斯克

弗兰塞斯克，

我当然知道这个传闻了！我也知道周三马上就要到了，大家都翘首以待呢。

到时候可以在会场以外的任何地方通过网络观看发布会的直播。

我本来想去学校和同事们一起分享这个激动人心的时刻的，但是因为重感冒，最后还是决定在家上网看。你要是不怕传染感冒的话，可以来我家和我一起看直播，我也可以顺便试试你的偏方。

至于看法嘛，还是等到周三吧，不随便提前乱说了。去年 12 月的实验结果确实让我们这些焦急等待的人略感失望，这也让我想起了一句俗语：耐心是科学之母。实际上，据我 CERN 的朋友们的消息，我觉得星期三将会发布重磅消息。

“上帝粒子终于现身”，我也觉得这个标题非常好，虽然量子物理学界不大喜欢用“上帝粒子”这种说法。这个粒子和《圣经》一点联系都没有，在概念上也与上帝没有任何关系。

这个粒子的别名来源于一件趣事。诺贝尔奖得主利昂 · 莱德曼曾写过一本科普读物《上帝粒子：假如宇宙是答案，究竟什么是问题》。

其实莱德曼原本选取的书名是《该死的粒子》，但是他的编辑不喜欢这个名字，所以决定按照自己的想法进行修改。本着让书大卖的想法，编辑觉得《上帝粒子》比《该死的粒子》更加商业化一些。当然，我们也不得不承认，从市场层面来看，编辑确实做得很成功。这本被改了名字的书在那时引起了狂热的追捧，而且粉丝中也不乏毫不知情的人。

就像之前说的，如果你不怕被传染，决定来我家看直播的话，

我 7 月 4 日早上 8:30 在家等你一起吃“希格斯量子早餐”。

祝好！

索尼娅

生于 7 月 4 日

早上 8:30，电脑已经连上网，一切准备就绪，只等收看 CERN 的直播。茶壶里泡着热茶，三明治也摆放好，这样我们就能一上午都专心坐在这里看直播。万事俱备！

家里的门铃响了，弗兰塞斯克很准时。

“我还是决定来和你一起看直播了。我宁愿冒着被你传染的风险，也不愿什么都没听懂，白白把这么具有历史意义的一天浪费掉。我来和你一起看直播也是有条件的，你得把今天发生的所有细节都仔细解释清楚。”我还没来得及说话，弗兰塞斯克就已经大声说了这么多。

“就这么愉快地决定了！你随便提问题就好。”

“你会后悔这么说的……我要你从头讲起。希格斯玻色子是什么？为什么如此受物理学家追捧？”

“好，这可是你说的，我们从头开始讲。”我一边坐下一边说，“从文明之初，人类就在问：宇宙是由什么组成的？是什么让宇宙保持为一个整体？”

“确实如此。”弗兰塞斯克补充说，“我以前看过一篇文章，说古时候的人们认为，物质是由不同种类的‘砖块’组成的。在公元前 5 世纪，古希腊哲学家恩陪多克勒认为火、气、水、土是组成物质的基本元素。与这一观点相对立的是德谟克利特提出的原子理论：原

子是组成物质的不可分的最小单位。”

“如果可以的话，我想在历史的长河中往前迈一大步，当然不是用时间机器的那种了。”弗兰塞斯克瞥了一眼通往楼上书房的台阶，我继续说，“我们直接来看 1897 年，约瑟夫·约翰·汤姆森发现电子的那一年。原子并不是最小的物质组成部分，有粒子在绕着原子核转圈。”

“根据你之前给我讲的，只有最一开始是这样的，原子核其实是由质子和中子构成的，同时也是由夸克构成的。”

“看来你已经完全掌握这部分内容了。正如在参观 CERN 时讲过的，所有这些粒子都是按照标准模型排布好的。标准模型向我们解释了物质是怎么构成的，以及宇宙中都存在哪些作用力。”

“你解释了所有作用力，就是没有提到引力。”

“确实如此！而且也没有回答那个最根本的问题：为什么有些粒子是有质量的，比如电子，而有些粒子是没有质量的，比如光子？希格斯玻色子解释的就是这个问题。”弗兰塞斯克一脸惊愕地看着我。

电脑传来的声音打断了我们的谈话，直播开始了。早上 8:50，我们看到希格斯教授走进了 CERN 的演播厅。

“演播厅已经人满为患了，外面肯定还有很多人没进去呢！”弗兰塞斯克说，“早知道有这么多人都关注这场发布会，就应该把日内瓦体育场租下来……”

“演播厅确实太小了，”我和弗兰塞斯克的观点相同，“但这也说明，在 50 年代建造演播厅的时候，粒子物理学界的成员还很少。今天媒体和记者占了大部分位置，而很多科学家和我 CERN 的朋友们只能选择看直播。”

“CERN 可是万维网的诞生地！世界上的第一个网站就是在这里搭建的。你觉得蒂姆·伯纳斯－李[①]曾幻想过这一刻吗？”

CERN 的主任罗尔夫·霍耶尔做了一段简短介绍，宣布发布会正式开始，之后便将话筒交给了紧凑渺子线圈[②]实验的负责人约瑟夫·英侃德拉，他旁征博引，列举了很多数据，也提到了不少专业术语。

秘密在于质量

弗兰塞斯克有点坐不住了。我知道他没想打断我，但估计他马上就要睡着了。虽然他是个十足的文科生，但我想让今天也成为他特别的一天。

“第一部分的内容实在是太专业了，你觉得我利用这段时间继续给你讲讲希格斯玻色子怎么样？”

“你快讲吧！”弗兰塞斯克如释重负地回答，“我们刚才说到了一个比萨连锁店的口号：要想比萨质量好，面团秘诀是法宝[③]。”

“正是。粒子的标准模型没有解释为什么有些粒子没有质量，比如光子，而有些粒子有质量，比如夸克。70 年代，包括彼得·希格斯在内的一些物理学家提出了一种赋予基本粒子质量的机制。”

① 英国计算机科学家，万维网的发明者，1990 年成功利用互联网实现了 HTTP 客户端与服务器的第一次通信。——译者注

② 紧凑 μ 子线圈，CMS，Compact Muon Solenoid 的首字母缩写，CERN 大型强子对撞机计划的两大通用型粒子侦测器中的一个。——译者注

③ 西班牙语中的“质量”和“面团”是同一个单词“masa”。此处是弗兰塞斯克利用一词多义，从“质量”联想到了比萨连锁店的广告语。——译者注

“就像是一个货物分送员一样。”弗兰塞斯克点头表示认同。

“其实是有一个影响粒子的电磁场。我们将这个电磁场称为希格斯场，一些基本粒子的质量就是由它赋予的。”

“我又开始听不懂了。”

“那好，既然现在是炎热的夏天，我们就拿游泳池打个比方吧。你可以将希格斯场想象成一个小游泳池，深度大约是没到胸口。你有没有试过跑着穿过这样一个泳池？”

弗兰塞斯克点了点头，我继续解释。

“跑过去远比游过去累，对吗？那种感觉好像是自己‘变重’了一样。希格斯场里的粒子也面临同样的问题。”

“如果这样的话，那光子就像一条小鱼，可以轻松游过这个希格斯泳池；而电子则要站起来，费劲地步行穿过去……但是索尼娅，你一直都在给我讲希格斯场，但我怎么一直听大家说的都是希格斯玻色子，不是希格斯场啊。”

“当我们用‘不精确’的语言来讲述的时候，就会说是希格斯玻色子赋予了粒子质量，但严格意义上来说，其实赋予粒子质量的不是希格斯玻色子，而是希格斯场。”

“如果希格斯场这么重要的话，为什么不干脆永远都用希格斯场这个概念？”

“因为我们通过大型强子对撞机的粒子加速器检测到的是希格斯玻色子。你可以将希格斯场想象成空气，空气充满了整个房间，希格斯场也一样无处不在。但如果我不打开窗户，风是进不来的，你也感觉不到空气的存在。”

“确实是这样。你还是关上窗户吧，小心感冒发展成咽炎。”

我听了弗兰塞斯克的话关上窗户，接着讲。

“我们继续拿空气打比方。”我一边用自己的两只手击掌一边说，“如果我快速将两只手合起来，这个过程就会引起空气的振动。这种振动的表现形式是波，声波传入你的耳朵，最后耳朵听到击掌的声音。但是你要记住，在量子物理学中，波同样也是粒子。”

“这个我明白。”

“在大型强子对撞机中发生的事情，和我刚才的击掌很相似：质子朝相反的方向加速，当运动速度达到光速后相撞，这个过程就像我的两只手碰到了一起。希格斯场在这些撞击中产生了一种叫作希格斯玻色子的粒子，这正是我们可以检测到的粒子。这也证明了希格斯场的存在。”

这时，电脑播放的直播打断了我们，CERN 演播厅内的观众们正在热烈鼓掌。英侃特拉已经发布了他的实验结果：一个质量接近 125 GeV/c^2 的粒子可以衰变成两个光子，也可以衰变成两对轻子和反轻子。这时，观众的掌声更热烈了，英侃特拉展示了数据：5 σ[①]。

来自遥远的 CERN 的热情感染了我，让我不禁从沙发上站起来一并鼓掌。

“我现在感觉自己正在看世界杯比赛，但是却不知道球是什么时候进的。”弗兰塞斯克满脸挫败，“快给我翻译一下。”

“能检测到希格斯玻色子不是一件容易的事，并不是每次粒子束撞击都能做到。就好比我们让两个西瓜相撞的时候，要求它们的西瓜子也都完美地发生碰撞。”

“我承认这个是很难。”

“遗憾的是，肉眼是不能直接看到希格斯玻色子的，所以我们不能简单地说：‘快看，希格斯玻色子在那里！’这种玻色子非常不稳

① sigma，希腊字母，西格玛。5 σ 表示 99.9999% 肯定。——译者注

定，也就是说，它会在短时间内分裂成其他粒子，比如两个高能量光子，这也正是 CMS 实验中的科学家们检测出的粒子。所以英侃德拉一直在讲有关光子和几对轻子和反轻子的内容。希格斯玻色子在这些粒子中分裂，而科学家们则用福尔摩斯探案的手法研究了这些粒子。如果说福尔摩斯和他的助手是利用案发现场留下的痕迹和线索重现作案场景，那这些科学家们就是利用不同的粒子和数据，模拟了无数次的撞击。”

“太棒啦，亲爱的华生。”

希格斯

我们又一次将注意力转回到电脑上，现在是超环面仪器实验的发言人法比奥拉・吉亚诺蒂在讲话。与之前的发言人一样，法比奥拉的发言从专业细节开始，这让弗兰塞斯克再一次摸不着头脑了。

法比奥拉继续发布超环面仪器的实验结果，受好奇心驱使，弗兰塞斯克决定关注推特上关于希格斯这一话题的评论，希格斯已然登上了当天的话题热搜榜。但奇怪的是，comicsans① 也很快蹿升到推特头条。

“索尼娅，你来看，很多人都在关注法比奥拉在她 PPT 里使用的字体。刚还在说热搜话题 comicsans，现在又来关注 Comic Sans 字体。不过话又说回来，在 PPT 里使用 comic sans 字体好像是不太正式。你看这条推文，”弗兰塞斯克一边笑一边读，“‘你在 PPT 里每用

① Comic Sans 是一个类手写字体，由文森特・康奈尔设计，并在 1994 年由微软公司发布。它被分类为一种随性且不连续的字体，设计基础来自漫画书里的字体，建议在非正式文件中使用。——译者注

一次 Comic Sans 字体，上帝就将薛定谔的猫杀死一次。所以，为猫想想啊！’我猜这些人一定是像我一样听不懂内容，所以能评论点儿什么就评论什么了。”

“你可算说对了！”我笑着说，“我也没觉得 Comic Sans 字体有那么糟糕。这种字体是为儿童设计的，读起来很方便。”

“但是你得承认，用这种儿童字体来写‘四轻子底层衰变的最大方差’还是挺别扭的。”

我们再次将注意力转回法比奥拉的演讲。超环面仪器找到了一种质量约为 125 GeV/c^2 的新粒子，它会衰变成 2 个光子和 4 个轻子。整个演播厅都非常安静，所有人都在认真倾听法比奥拉的演讲：通过超环面仪器和紧凑渺子线圈，探测到了一种与希格斯玻色子一致的新粒子。

演播厅里此刻鸦雀无声，超环面仪器实验发言人的话让我不禁屏住了呼吸。坐在我身边的弗兰塞斯克一会儿看看电脑一会儿又看看我，试图弄明白究竟发生了什么。

法比奥拉将目光投向站在她身边的 CERN 主任罗尔夫·霍耶尔，主任用一种非正式而又开朗的语气肯定地说：“我想我们确实找到了希格斯玻色子。”

欢呼骤起。

整个演播厅在一片欢愉的气氛中响起了热烈的掌声，有些观众甚至流下了激动的泪水。我一边在家里的沙发上跳着一边鼓着掌，手都拍疼了。而我身边的弗兰塞斯克也受到了感染，举起双手大声喊着“漂亮”。

像演播厅的很多观众一样，我也无法控制地热泪盈眶。10 年前我也是这个项目组里的一员，为了项目能够顺利进行一直在努力着，

尽管我所做的贡献微不足道，小到像那个刚刚被发现的粒子一样，可一想到这些我还是激动万分。

“祝贺你啊！你也为这一刻做出过贡献。”弗兰塞斯克骄傲地对我说。

“我的朋友，我们今天见证了一个里程碑式的时刻。就像我跟你讲过的，通过统计分析无数从撞击中得出的数据，终于证明了玻色子的存在。之前提到的 σ 数量，就是用来验证这些结论是偶然现象，还是玻色子确实存在的。有 5 个 σ 就说明玻色子确实存在的可能性是 99.9999%。”

“你们这些物理学家还真是严谨。”

“当然了。你看 CERN 的主任在发布会上说的都是‘作为一个普通人，我可以告诉大家希格斯玻色子是存在的；但是作为科学家，我只能说这种粒子存在的可能性很大’，这就是科学的精确。”

CERN 主任对记者们说，现在还需要核实才能确定被找到的希格斯玻色子是标准模型中的一种，还是更加特殊的一种。

“索尼娅，这是什么意思？”

“我们已经知道，现在发现的极有可能是希格斯玻色子，但我们不确定它是否就是理论中的那种粒子。就好比你看到了一个儿时的朋友，远远地好像能认出他，但是需要走近看看，确认不是他的什么亲戚。”

“就像你说的，今天是一个历史性的时刻，但是现在还能做什么呢？我的意思是，大型强子对撞机的主要任务就是找到希格斯玻色子，既然现在已经找到了，这么大个机器不会就带不来什么惊喜了吧？”

“当然不是！找到希格斯玻色子只是大型强子对撞机的任务之一。当然，这也确实是最受人们期待的任务，但是还有很多问题需

要这个大型粒子加速器来解答。如果你觉得可以的话，我们之后再讨论。现在该去吃饭啦，我们好好庆祝一下。”

“太棒了！”

《CERN 文件》：CERN 试图解答的四个伟大问题

反宇宙是什么?

我们身边的一切都是由物质组成的，而物质是由粒子组成的。我们的宇宙中还存在反物质，它是由反粒子组成的。所有物质的粒子都有它对应的反粒子。反粒子是粒子的“双胞胎”：它们质量相同、电极相反。

当一个粒子被创造或者诞生的时候，它的反粒子也同样被创造或者诞生了。因此在宇宙起源的时候，应该有相同数量的物质和反物质。当一个粒子碰触到它对应的反粒子的时候，二者就会同时湮灭，并且以辐射的形式释放出巨大的能量。所以，如果有一天我们遇到了自己的“反我”，最好还是别互相握手了。

那么问题来了，如果物质和反物质在互相碰触后都会消失，那么大爆炸之后不是应该一切都荡然无存吗?为什么会有一部分物质可以幸存下来，并且形成了现在的宇宙呢?自然是有喜好地选择了物质吗?

大型强子对撞机所做的实验，准确来说，是底夸克实验，侦查到了为什么物质“战胜”了反物质，并且也发现了物质和反物质的区别。

它们的表现形式不一样吗?它们是以不同的方式和已知的那些

力相互作用吗？在地球引力的作用下，反物质可以“上天”，而不会“入地”吗？

丹·布朗的反物质炸弹

《天使与魔鬼》是一部非常畅销的小说，其内容被搬上了电影荧屏，并且还由汤姆·汉克斯主演。它的作者丹·布朗在作品中描述了这样的一个场景：几个恐怖分子要去 CERN 盗取 1/4 克的反物质，这么一点点反物质的破坏力就相当于半个广岛原子弹。

如果我们仔细考虑盗取反物质和保存它们的条件的话，就会发现丹·布朗笔下诱人又可怕的想法其实有两个可行性不高的地方。

- 由于大型强子对撞机每天只能够生成极少量的反物质。因此，如果想要得到 1/4 克的反物质，就需要整个 CERN 全情投入地工作几百万年，还要耗费多到无法想象的能量。据计算，从投入使用到 2009 年，大型强子对撞机产生的反物质只能让一盏灯点亮 1 分钟。
- 即便已经得到了这 1/4 克的反物质，也不能像偷钻石一样将它装在一个小箱子里带走。反物质一接触到物质就会湮灭。为了避免这一点，需要将反物质隔离在磁场中，再装入巨大的集装箱。因此，为了保存 CERN 那微乎其微的反物质，不仅需要耗费大量能量，还需要广阔的空间。

为了探索原子核周围电子的运动方式，保罗·狄拉克将狭义相对论方程和量子力学结合，在 1928 年首次提出了反物质的概念。

他的方程得到了一个出人意料的答案：每一个电子都有一个对应的反电子（也叫正电子），反电子和电子两者电量相同而正负极相反。狄拉克说，每一种粒子都有与之对应的反粒子。也正是基于这种想法，他在领取诺贝尔奖的发言中提到了反世界。反世界和现实世界相同，但是由反物质组成。

不久之后的 1932 年，卡尔·戴维·安德森通过研究宇宙射线，检测出了正电子。从那时起，寻找所有反粒子的旅程便开始了，也取得了成功。但最重要的一步是在 1995 年，CERN 完成了从反粒子到反物质的跨越，科研人员创造出了第一个反物质原子。

在反物质理论得到证明之后的半个世纪中，如何生成反物质依然是个难题，并且非常昂贵。毫无疑问，反物质绝对是世界上最昂贵的物质：生成 1 毫克反物质，大约要花费 600 亿美元。

除了大型强子对撞机之外，CERN 还在研究其他很多课题，比如反氢激光物理装置。2011 年，研究小组制造出了 300 个反氢原子并且成功将它们保存了 16 分钟。虽然 16 分钟看似很短，但 1000 秒对原子来说就已经是永恒了。能将反物质成功保存这么长时间，就意味着可以在不久的将来对它们做实验，研究它们的反应。

除了能帮我们理解宇宙的起源，反物质还可以带给我们很多益处，比如有效破坏癌组织。

此外，反物质也可以用作燃料。根据一些理论，10 毫克的反物质就足以将一艘宇宙飞船送上火星。但我们也面临着一个巨大的挑战：制造 10 毫克反物质所耗费的能量，比直接发射宇宙飞船上火星所需要的能量还多。所以说，我们距离大量生产反物质，并用其推动科技发展、造福人类还有很长的距离。

宇宙大爆炸的“原汤”究竟什么样

抬头看看星星，我们就能知道宇宙大爆炸 40 万年之后的宇宙是什么样子，但是我们却很难再回到史蒂文·温伯格书中提到的初始时刻。而这正是大型强子对撞机的主要任务：通过小规模地模拟宇宙诞生之初的景象，探寻大爆炸的秘密。

夸克是组成物质的基本粒子，理论学家认为，在宇宙诞生之初，产生了一个“夸克拼盘”。在我们了解的宇宙中，夸克由胶子控制并存在于组成原子核的质子和中子中。但由于宇宙大爆炸时的温度过高，因此胶子无法将这些粒子聚成一团，自然也不会有质子和中子。在炙热、高密度的“原汤”中，胶子和夸克是自由存在的。那时候没有原子、没有星星、没有生命、没有文明，只有一个巨大的火球。

利用大型离子对撞机实验[①]的粒子加速器，我们目前正在研究夸克和胶子的等离子体，用于阐明宇宙是如何从混沌的“原汤”演变成今天的样子的。我们不仅是这一转变的见证者，也是它转变后产生的结果。

存在其他维度吗

在日常生活中，我们很容易辨识三维空间的长、宽、高（比如登机行李就有相关要求）。爱因斯坦为我们熟知的三维空间又加上了一个也不陌生的维度：时间。但是后来的理论又提出了新维度，作为空间维度的补充。

请将宇宙想象成一支交响曲，弦理论和超弦理论认为，所有的

---

① ALICE，A Large Ion Collider Experiment 的首字母缩写，是 CERN 大型强子对撞机的五个探测器实验之一。——译者注

粒子都由叫作“弦”的能量线构成。和拉奏小提琴的不同琴弦能拉出不同的音一样，这些弦不同的组织形式也会产生不同的粒子。

这个理论是可以统一自然界中所有力的理论之一。它是物理界的神来之笔，实现了多年来科学家们“用一个理论解释所有现象”的梦想。不过，如果这个理论成立，根据数学计算和平行宇宙论，我们就可以生活在 11 个维度的现实里。

CERN 的粒子加速器正寻找着更多的维度。

多元宇宙的三条理论

膨胀理论

最近几年，多元宇宙论逐渐得到了更多的认可。现在的宇宙观告诉我们，宇宙由原始真空中一个很小的部分组成，是一个叫作“Big Bang”的大爆炸的产物，再以指数级的速率膨胀，最终发展成现在的样子。

原始真空一直在产生着不一样的宇宙，每一个宇宙中的物理法则也是不一样的。有些宇宙是很奇特的，有些宇宙也许还有生命存在。

让我们自由地想象一下，只要加热一个比灰尘粒还小几百亿亿倍的粒子，我们就能创造出自己的“婴儿宇宙”，也能制造出自己的宇宙大爆炸。不知是幸还是不幸，这个新创造出来的宇宙会在 10^{-37} 秒内消失在另一个维度中。

哈勃泡沫

当我们提到宇宙的时候，映入大多数人脑海的是地球家园之外的、无穷无尽的黑暗空间。但对宇宙学家来说，狭义的宇宙是我们能在广义的宇宙中“看到”的部分，它拥有 14 亿光年的范

围，即哈勃泡沫。其他部分是不可见的。

但我们看不见并不意味着不存在。在这个浩渺的宇宙海洋中会不会有和地球一样的其他星球？会不会有和地球所在的太阳系平行的太阳系和地球？会不会有一个和我们一样的文明？会不会也有人正读着这本书？

多世界

休·艾弗雷特三世的多世界理论认为，叠加态的不同状态（比如猫既死又活）是存在于不同宇宙中的。在一个宇宙中，猫是活的；而在另一个宇宙中，猫却是死的。不同可能性在平行的现实中发展，衍生出了不同的世界。这样就解决了量子理论中的测量问题，尽管这要求我们相信无限交互宇宙的存在。

就像一位科普学者开玩笑说的，由于可能性是无穷无尽且同时存在的，因此安道尔可能在某一个宇宙中赢取了奥运会所有项目的金牌，埃尔维斯·亚伦·普雷斯利[①]也依然活着，并且当上了美国总统。

什么是暗物质

从一粒灰尘到一个星系，我们在宇宙中看到的所有一切，都是由物质的粒子构成的。根据宇宙膨胀速度延伸出来的计算，我们所认知的宇宙只占到宇宙的 4%。那么问题来了：剩余的 96% 是什么呢？

科学家告诉我们，剩余的 96% 是由“暗物质”和暗能量组成的，各占 21% 和 75%。这一点已经从理论层面被证实了，不然也不

① 美国歌手、音乐家和电影演员，被视为 20 世纪最重要的文化标志性人物之一，中文昵称“猫王”。——译者注

会有这些数据。但如何检测出这些暗物质和暗能量，依旧是个很大的难题。

这一假设是弗里茨·扎维奇于 1933 年提出的，他发现宇宙膨胀的速度要比宇宙相应的已知质量的速度快得多。如果我们现在的宇宙观是正确的，那么暗物质和暗能量就应该存在。

尽管我们已经迈着巨人的步伐，走在认识宇宙的路上，但仍然应该怀着一颗谦卑的心，承认我们还是彻底忽略了很多很多，比如科学家脑中 96% 的宇宙。

由于暗物质无法被观察和检测到，而且也不与已知的任何力相互作用，因此我们不知道暗物质如何构成。另一方面，暗能量也仅存于真空之中。

超环面仪器和紧凑渺子线圈都是大型强子对撞机的探测仪，希望有朝一日，它们能发现这种未知暗物质的结构。

第 12 章

宇宙的乐谱

总有些角落隐藏着有待发现的东西。

——卡尔·萨根

每个孩子都梦想过，组装一台望远镜，在房顶上看星星。那个泰勒斯用古希腊诸神命名的星体世界一直都是一个谜题，它唤起了人们对科学的好奇，也激发着诗人、哲学家的想象力。

我记得当我还是小女孩的时候，曾经读到过这样一个令我震惊的观点：人类之所以能够生存下来，是因为我们会观察星星。我们的祖先通过观察星星，创造出了历法。在那样一个没有网络、电视、图书甚至羊皮纸的年代，他们靠着观察星星和星宿，找到可被预测的运行规律，保障人类先民社会的稳定。夜空告诉他们外出打猎的理想时间，也教会他们何时播种、何时丰收。

那时，准确了解太阳、月亮及其他星球的运动，是关乎生死的大事。

也许就是这个原因，先人给我们留下的关于宇宙的观测记录，让我们在仰望苍穹的时候会为它的浩渺无边而惊叹，同时也会感受到它与宇宙息息相关。

从小时候起，我就对一些观点感到惊讶，比如毕达哥拉斯派的学者认为，星星是由远方神明谱写的天之乐章。“天上的音乐是什么样的呢?”我一边问自己，一边用望远镜寻找着那颗发红的小圆点，那应该是火星。

如果宇宙是有五线谱、节奏型、演奏要求的宏伟乐谱的话，那么想要弹奏它，就需要了解速度与和弦遵循的理论。通过这样的方式，也许就能理解我们与宇宙的关系、为什么宇宙会变成今天我们看到的复杂模样，以及人类为什么可以在宇宙中生存和发展……

我是不是上升到了**理论**层面?

从古代科学到现代科学，人类面临的最大挑战一直都是寻找一个能够解释所有疑问的方程。

科学是随着我们对各个知识领域的整合而进步的，但是从研究结果来看，有些力明显遵循着不同的法则，不符合我们的常规法则。对于今天这个时代来说，最让理论学家伤脑筋的就是引力了，他们一直都在探索，为什么引力与宇宙中的其他力遵循着不同的法则。我们在下一部分具体讲这一问题。

科学觊觎找到一种放之四海而皆准的理论，小到粒子的运动，大到无尽宇宙中星体的运动，都能被它解释。

问题是，就算自然界和我们的想法一样，愿意将所有法则都统一，甚至真的有一条能够解释自然界中所有法则的理论，我们又是否有能力理解它呢?

天地合一

正如布赖恩·格林在《优雅的宇宙》中所说的，爱因斯坦将他

生命的最后一段时光全部用于寻找那个能够解释一切现象的“万物理论”方程。（顺便一提，有一部改编自《优雅的宇宙》的纪录片也非常有意思。）

整整二十年间，爱因斯坦都在他普林斯顿的破旧房子里做着研究。他坚信，是自然将美与对称隐藏在了深处；他肯定，这个统一理论就是一把钥匙，能打开埋藏着宇宙秘密的大门。

不幸的是，爱因斯坦并没能在有生之年实现他的梦想。尽管科学在 20 世纪初以巨大的步伐发展着，但这位伟大科学家最后的猜想仍被认为还不甚成熟。

人们总试图用最简单的理论和最少量的方程来解释世界上的所有现象，对于这一目标的追求和需要，在现代物理出现之前就已经存在了。

这可以追溯到 5 个世纪之前（参见本书第 1 章），知识革命由哥白尼、伽利略、开普勒开启，由牛顿、麦克斯韦推进，并孕育出启蒙运动。

正如我们在时间旅行中看到的，这场革命的变革者们将“天地”这两个遵循着不同法则的世界统一。在此之前，拥有各种弱点和情感的人类生活在“不完美”的地上世界，天使和魔鬼生活在“和谐又完美”的天上世界。

开普勒向他同时代的人们证明了，行星运动的轨迹不是完美的圆形，而是椭圆形。

与他同时代的伽利略则第一次将望远镜对准了月球。他观察到表面粗糙的月球上有谷地和山峰，用不规则的山峦形态反驳了亚里士多德“天体是完美球形”的宇宙理论。

最后，牛顿给予了这一理论致命一击：他证明了使苹果从树上

落下的力，和使星球运转、让月球围绕地球转动的力，是同一种力。

于是，天和地就被牛顿称为引力的理论联系在了一起。

这种新宇宙论的影响就像一颗流星，划向“启蒙时代”。

亚历山大·蒲柏为牛顿题写的墓志铭现在也已广为人知：

> 自然和自然法则隐藏在黑夜之中。
>
> 上帝说：“让牛顿去吧！”于是一切都被照亮。

但历史提醒我们，真相总是暂时的。蒲柏的好朋友约翰·科林斯·斯夸尔续写了两行诗：

> 可是没过多久，魔鬼说：“生一个爱因斯坦吧！”
>
> 于是一切又恢复了黑暗。

爱因斯坦的梦想

尽管牛顿定律已经引发了非凡的科技革命——他的方程第一次将人类送上了月球——但在此后的 300 年间，没有一位科学家，包括这位伟大理论之父，能真正理解引力。

20 世纪初，一位时年 26 岁的瑞士专利局二等检定员打开了潘多拉的魔盒。

爱因斯坦在他的研究论文中指出，光速是宇宙中的极限速度，任何人或物都无法超越这个速度，伟大的牛顿对此绝不敢苟同。两人的分歧点究竟在哪里？

根据牛顿的万有引力定律，引力是一种长程有效、可以影响所有物体的作用力，它的传播速度是可以超过光速的——这恰恰与爱因斯坦的观点相反。

针对这一问题，爱因斯坦提出假设：如果宇宙魔术师将太阳变

没了，会发生什么？根据牛顿的引力理论，太阳系的所有行星将会瞬间跳出或者脱离自己既有的运行轨道。

但爱因斯坦同样知道，太阳和地球相距 1.5 亿公里，太阳光传达地球需要 8 分钟的时间。也就是说，如果太阳消失了，我们在这 8 分钟内仍能在原来的位置看到太阳。同理，我们在苍穹中看到的那些星星，可能早已陨落了几个世纪。“因此，如果太阳还在，地球怎么可能脱离轨道呢?”年轻的爱因斯坦问自己。

为了回答这一问题，爱因斯坦建造了一个模型，其中引力不仅不是即时的，而且以光速运行。

于是，广义相对论诞生了。

通过这个理论，爱因斯坦完成了又一项统一工作：时间和空间的统一。

爱因斯坦的广义相对论认为，时空存在弯曲，正是这个弯曲将行星吸引向太阳。我们可以将这个模型想象成一个软软的床垫，如果两个胖子睡在上面，就会使床垫变形，睡在上面的其他人便会滑向两个胖子。因此，为了避免滑向胖子，其他人也会用力。同样的道理，时空模型也是这么变形的。对于宇宙这个床垫来说，是太阳使空间变形，从而将其他行星吸引在自己的周围。

于是，爱因斯坦的疑问得到了解答：假如宇宙魔术师将太阳变没了，人们也得等到引力波以光速传到地球之后，才会感觉到变化。

爱因斯坦始终在思考，引力波与光速之间存在着某种关系。在他的时代，被广泛接受的长程力有两种：引力和电磁力（要知道光就是电磁波）。爱因斯坦继而萌发了这样的想法：在某种形式上，这两种力应该具有相同的本质。

早在 19 世纪中叶，麦克斯韦已经描述过电力和磁力，并且用四

个方程将它们统一成了一种力：电磁力。受到麦克斯韦的启发，爱因斯坦缔造了 20 世纪最伟大的发现：引力与电磁力的统一。

但是，20 世纪是量子理论一统天下的时代。

量子物理学以惊人的速度发展着，并开始偏离爱因斯坦预测的研究路径。质子、中子、电子的发现给麦克斯韦方程提出了新的问题。是什么力让原子核内部的质子、中子形成整体？科学证明，引力和电磁力都不足以解释这个问题。

于是，强核力和弱核力这两种核力诞生了。爱因斯坦的工作量又增加了，他还没能把已知的引力和电磁力统一起来，就又出现了两种新的力。

自然界的力

来总结一下吧！在 CERN 一旅中，我们就知道了自然界已知的四种基本力是引力、电磁力、弱核力和强核力。

我们能够稳稳站在地面上、太阳系的行星都围绕着太阳运转、苹果可以从树上落下砸在伟大科学家的头上……这一切都是因为引力。

电磁力的作用是保持原子和分子相互吸引。此外，它还是电力和磁力的产生原因，是光、X 射线、微波以及无线电波的基础。

强核力能使质子和中子里的夸克结合在一起，还间接地使原子核结合在一起。

弱核力负责粒子之间的转化。正是有了这种作用力，中子才能衰变为质子，并且辐射能量。

两种核力曝光于世的时间不超过 100 年。强作用力的威力比电磁力要大得多。1945 年 7 月 16 日 5:29 分，第一颗原子弹在新墨西

哥州的荒漠中爆炸成功，目睹这一刻的科学家们均可以证明这一点。根据 $E=mc^2$ 公式，原子弹爆炸释放的能量等于质量乘以光速的平方，简直大到无法想象。一言以蔽之，强核力能将微小的质量转变为巨大的能量。

如果我们来到托立尼提，第一颗原子弹试爆的地方，依然能看到当年爆炸留下的痕迹。尽管那悲伤的日子已经过去了 70 多年，这里的辐射强度依然是正常值的 10 倍。

两个不同的“总是”

引力是人类认识的第一种力，也恰恰是唯一不符合统一理论的力——这还真是讽刺。

通过（我们在标准模型中看到过的）玻色子的转换，量子力学为我们描述了除引力之外的三种力。电磁力和弱核力已经在一条最新的理论中被统一称为弱电力。根据量子场论，标准模型中提到的三种力（电磁力、强核力和弱核力）可以在高能量的条件下（比如宇宙起源）形成统一。

剩下的问题是，引力不符合量子世界的理论。虽然我们已经发现了一种叫作引力子的粒子，但引力仍无法在量子世界里得到解释。

看样子，现代物理被分为了两个不同的领域。一边是广义相对论，其中包含了引力，研究中心是星体和星系；另一边则是量子力学，主要解释微小的原子、粒子以及其他已知的三种基本力。

将引力和量子力学的公式相统一的想法是极其荒谬的，产生的结论必然也很荒谬。

这好比我们需要用不同的地图了解同一片地区。有些地方的地图

是可以交替使用的，但是没有一张覆盖全宇宙的地图能给我们指路。

到目前为止，还没有一种理论可以统一量子和相对论，这也是最有意思的地方。麻省理工学院的詹姆斯·盖茨说过：“自然界的法则应该时刻遵守。但如果总是能遵守广义相对论，也总是能遵守量子力学原理，那么一定有两个不同的‘总是’。”

一支宇宙交响乐

诞生于 20 世纪 70 年代中期的弦论是最有希望成为统一理论的候选理论之一。在所有候选理论当中，弦论带来了最大的希望，也引发了最多争论。小到原子行为，大到星体运动，都可以用弦论来解释。

弦论认为一切物质都是由微小的能量线组成的，能量线的振动可以产生不同的粒子和力。就像一支宇宙交响乐一样，小提琴乐手指按琴弦，拉动琴弓，让这些音符流淌出来，细细琴弦的振动就产生了不同的粒子。

这条优雅的理论终于将引力与其他三种力统一了起来。当然，也包括量子理论。但在 20 世纪 90 年代初期，又出现了一个严重的问题：弦论不止一种，而是有五种。于是，绝望再一次笼罩了统一之路，所幸这次没有持续多久。

如今，五种弦论中又加入了超引力理论。研究表明，这些理论都是彼此关联的，它们都近似于一种被称为 M 理论[①] 的更基本的理论。

目前还没有办法来评价 M 理论。但从伽利略时代起，用实验验

① 英语为 M-theory，是物理学中将各种相容形式的超弦理论统一起来的理论。——译者注

证理论就已成为物理学研究的优良传统。因此弦论的反对者们认为，如果弦论最终经不起实验的考证，那么它就不是科学，而是哲学。

我们可以寄一线希望于周长 27 千米的大型强子对撞机。如果它可以探测出一种叫作超对称粒子（简便起见可以叫“炒栗子”）的东西，那么就可以证明弦理论的成立。另一方面，在大型强子对撞机未来需要完成的这些任务中，还包括证明额外维度的存在。

额外维度？

额外维度就是我们相信弦论需要付出的“代价”：弦论描述了一个具有十一个维度的宇宙，而不是我们所熟知的四个维度。

比我们能想到的维度还要多

任何一个生活在三维空间（根据爱因斯坦的理论，第四个维度是时间）里的人，只要听到比他们能够接触到并且用理智可以理解的维度之外的维度时，都会感觉非常吃惊。我们还怎么想象弦论预言的十一维宇宙呢？

一本精彩的科幻小说可以帮助我们理解这个难点，那就是埃德温・艾勃特在 1884 年撰写的小说《平面国》，它生动讲述了维度的概念以及维度会如何影响我们的世界观。

故事发生在一个只有两个维度的世界（只有长度和宽度，没有高度），这个世界叫作平面国。主人公是一个谦逊的正方形，他每天在这个二维世界里过着平淡无奇、按部就班的生活，直到他做了一个梦。在梦中，正方形到了一个一维度国家——线国。他试图说服线国的国王，让他相信第二维度的存在，但是线国国王根本听不懂正方形的解释，因为他就生活在一个只有一个维度的世界中。

就像格列佛去大人国和小人国的经历[①]一样（所谓的大人与小人只是和他的体型相较而言），小说的情节在正方形认识了一位来自三维世界的访客时达到高潮。直到亲自来到三维世界，正方形才理解了外乡人的描述。

这个故事告诉我们，我们看不到某些维度，不意味着它们就不存在。这对于量子物理学乃至人生都是有用的一课——那些我们无法理解的事物也是可能存在的。

周游了不同维度的国家之后，正方形回到平面国，鼓励乡亲们要放宽眼界，甚至还提出四维、五维、六维国度的可能性。但正方形却因此遭受牢狱之灾，其罪名是“对平面国立国之本的二维思想产生威胁”。

尽管有些读者是第一次听说这部小说，但一定感觉似曾相识吧？发生在大胆说出地球是运动而非静止的伽利略身上的事，也发生在了可怜的正方形身上。

这就是量子物理学带给我们最伟大的启示：那些暂时的真相都在慢慢被推翻。如果我们不愿局限于暂时的真相，那就应当对那些既定的想法心存挑战。

① 来自于乔纳森·斯威夫特（Jonathan Swift）以笔名执笔的匿名小说《格列佛游记》。作者假借虚构人物外科医师莱缪尔·格列佛（Lemuel Gulliver）描写了一系列神奇的旅行经历，本处举例是其中的《小人国游记》和《大人国游记》。——译者注

量子Q时代

明天总会成为今天。

——塞缪尔·泰勒·柯尔律治

从远古时期开始，人类就放眼苍穹，并提出了无比深刻的问题：在黑暗的宇宙中，远远燃烧着的火是什么？会不会有与我们星球一样的星球在周围运转？如果答案是肯定的，那里是否也有生命存在？那些生命是否也像我们一样充满好奇？他们是不是也像我们寻找他们一样寻找着我们？

1954年，天文学家埃德温·哈勃这样描述了我们对于周围事物的永恒追求：“人类运用五感探索身处的宇宙，这场冒险就叫作科学。”

古希腊那些探寻着人类灵魂的哲学家同样试图将视野之外的一切都理论化，从浩渺的宇宙到物质的组成。

与那些身穿希腊长袍的智者不同，现代文化有一个缺点，就是将人文与科学完全分开了。为了弥补这个缺陷，我们应当为这两个学科筑起桥梁。

建立在牛顿力学基础上的科学革命带来了很多科技进步，先是在产业方面带动了工业革命，后者又使社会产生了巨大转型：农村

人口开始向城市迁移。

那些被迫参与第一次现代化的居民们是如何看待宇宙的?

经典物理学将宇宙比作一只巨大的机械表。我们在天上、地球上、日常生活中看到的一切,都是齿轮运动的结果。宇宙就是一个由无数独立的部件组成的机器,原因和结果决定着发生的一切。

人类对于宇宙的影响是微乎其微的。

随着 20 世纪的科学进步,人类的知识路径越来越向着精与专的方向发展,大学里的每一个专业对于其他专业来说,甚至比德尔菲神谕还难理解。在“凝聚态物理学”“量子光学”“粒子物理学”等领域,研究者们绞尽脑汁想要更好地认识真相,他们执行着 99.99% 的人都无法理解的复杂计算。对此,一位哲学家说过:“知识日益专业化的后果是,我们将对越来越小的事物了解得越来越多,最终完全了解可以忽略的‘无’。”

我们不是要否定任何伟大研究者的价值,相反,我们对他们充满了钦佩之情。但本书的目的在于打开一扇了解物理革命的大门,让读者了解起源,也了解目前取得的成果。

如果说中世纪的神是万物的中心,17 世纪的人们开始将宇宙看作一块机械表,那么我们这些生活在量子 Q 时代的人则需要让自己习惯于日渐神秘而又不可预言的现象。

虽然量子革命从诞生到现在已经经历了 100 多年的时间,但这个超凡绝伦的理论仍然是一个巨大的未知,也许因为量子理论所描述的现象与我们的日常生活相去甚远,也许因为科学家们还没有完成赋予科学知识乐趣并将其传播给大众的使命。

如果机械论卷起的轩然大波摧毁了中世纪,那么毫无疑问,量子论对当今社会的影响也毫不逊色。未来的我们会不会也觉得这些

现在看来如此怪异的概念是稀松平常的呢?

借用小说《三道锁的门》中的一个观点。如果我们随便问一个小孩子地球是什么形状的，得到的答案一定是圆的。这个答案我们从小就听了无数遍，于是地球是球形就被当成事实。

那么一位中世纪绅士眼中的地球会是什么形状的?在那个时候，一个人一天只能移动很短的距离，既没有电话，也没有其他通信工具可以与远方的人取得联系。他们怎么能够想到，在同一时刻，地球的一端是皓月当空，而另一端是艳阳高照呢?对于这位绅士来说，地球显然是平的。他所认识的现实和我们的完全不一样。

于是，就像现在的我们可以毫不怀疑地认为地球是圆的，总有一天，我们也会认为量子世界是再平常不过的。当这一天到来的时候，我们可能会经历一场现在还无法想象的新科学革命。

在这次科学之旅中，我们讲了很多事例，希望借此引起读者的兴趣并让大家有所收获。本书的全体工作人员都好像与各位读者有过近距离的互动，能在一张餐桌上与大家有所交流，我们深感荣幸。

非常感谢大家阅读《邀你共进量子早餐》。

祝各位用餐愉快!

附录

第 1 章

大爆炸理论

用来解释宇宙起源的科学模型之一。在大爆炸的瞬间产生了物质、时间和空间，宇宙从那一刻起开始膨胀。举一个更形象的例子，我们想象一只气球，用记号笔在上面画几个点，然后将气球吹起来。气球被吹大的同时，这几个点彼此也离得越来越远。宇宙就在以类似的方式膨胀着，所以星系之间也就离得越来越远。

椭圆形

一个封闭、平面曲线，可以将它看作一个压扁了的圆。与只有一个圆心的圆不同，椭圆有两个焦点，其上任何一点到两焦点的距离之和都是相等的。古亚历山大智者之一的阿波罗尼奥首先开始研究并将其命名为椭圆。

地心说

该理论认为地球是宇宙的中心。根据地心说，行星，甚至是太阳，都围绕着地球转动。这一宇宙观最初并没有为所有希腊人所接受，是成为天主教教义后才获得了更多的拥护者。伽利略由于提出了“地球是运动的”这一观点，在 1633 年被定上了异教徒的罪名，并且被强迫撤回言论。伽利略被关在家里，时刻受着监视，说出了

那句一直印在我们脑海中的话："无论如何，地球仍在转动。"

万有引力

经典物理学用来描述物体之间引力作用的定律。牛顿在 1687 年将此定律发表在《自然哲学的数学原理》中。牛顿告诉我们，两个物体之间的力与它们的质量成正比，而与它们之间距离的平方成反比。通过万有引力定律，牛顿证明了使苹果落地的力和使行星围绕太阳转动的力是同一种力，所以这种力又叫作万有引力。

日心说

该理论认为太阳是宇宙的中心，地球以及太阳系其他行星都围绕着太阳运动。这一理论在公元前 3 世纪由阿利斯塔克提出，但在那时并未引起其他天文学家们的注意。在文艺复兴时期，哥白尼提出了一个日心说数学模型。他在手稿《天体运行论》中提出了这一观点，为了赢得教廷的支持，还在著作中插入了献给教皇的序言。一个世纪之后，开普勒继承了日心说观点，并且用他的椭圆轨道数学模型完善了它。

宇宙的神秘

1589 年，开普勒开始在图宾根大学学习，一位老师引导他接受了哥白尼的宇宙模型：日心说。

这一理论在当时不仅不受欢迎，甚至还会带来危险（伽利略就是因为相信日心说而在意大利获刑），但开普勒很快就接受了它，也深信这一理论可以更加坚定自己的信仰。和所有古希腊人一样，开普勒也认为太阳是神的完美化身，应当占据宇宙最中心的位置，而其他星球则以完美的圆形轨迹绕着太阳运转。

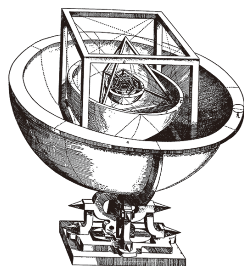
开普勒被这个新观点深深迷住了，他辞去了教会的工作，去奥地利的格拉茨当了一名数学老师（由于更加着迷于数学的神秘）。但事实证明，开普勒不是一名出色的教师。他性格孤僻，对学生也极

没有耐心，还常常中断讲解，陷入思考之中。

正是在一节昏昏欲睡的课上，开普勒悟出了一个谜题的答案。当时有六颗已知的行星，分别是水星、金星、地球、火星、木星和土星。但是从来没有人问过，为什么只有六颗行星？这个数字有什么特别之处吗？开普勒认为自己想通了为什么有且仅有六颗行星围着太阳转。

由于当时仅有五种正多面体，所以开普勒推断，谜题的答案就隐藏在六大行星和五种多面体的关系之中。他指出，太阳系六大行星的运行轨道结构，正是毕达哥拉斯所证明出的五种多面体。位于土星和木星之间的是正六面体，木星和火星之间是四面体，火星和地球之间是十二面体，地球和金星之间是二十面体，金星和水星之间是八面体。开普勒认为，这就是太阳系的完美模型，其中蕴藏着宇宙的真理。

在开普勒之前，宇宙还被认为是个一层套一层的玻璃模型。1596 年，他在《宇宙的神秘》中发表了这一新理论，在当时引起了不小的轰动，最终得以和其他观点并存。



为了证明自己的美好推断与哥白尼观察和记录的轨道一致，开普勒全身地投入到了数学计算当中。尽管尽了一切努力，但行星运行的轨道还是无法与他想象中的正多面体相吻合。

理论的美丽与伟大之处让他更倾向于认为是哥白尼留下的数据

不够精确，才导致错误的发生。

那是一个还没有发明望远镜，也没有经济条件去建造天文观测台的时代。当时只有一个人能比同时代其他人都更加精确地测量行星位置，他就是第谷·布拉赫。

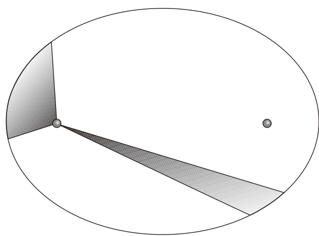
年轻的开普勒期待着成为卓越的星体观测者第谷的同事。他希望在理论与实验相结合的新科学的指导下，能够巩固《宇宙的神秘》这部伟大著作所述的新宇宙观。

开普勒三大定律

(1) 所有行星绕太阳的轨道都是椭圆的，太阳在椭圆的一个焦点上。①

(2) 在相等的时间间隔内，行星和太阳的连线扫过的面积相等。

如下图所示，当行星接近太阳的时候，在一段时间间隔内，可以扫过椭圆上很长的一段弧线。于是当行星距离太阳较近的时候，扫过的范围就会较宽。



① 在几何学中，“焦点”是与曲线距离的和是常数的点。对于圆来说，焦点的位置在圆的中心，从中心到圆周上任意一点的距离是相等的（半径）。一个椭圆有两个焦点，椭圆上任意一点与两焦点距离之和都是相等的。

图中的两个点代表了椭圆的两个焦点。左边的阴影部分表示在一段时间间隔内，行星距离太阳较近时所扫过的面积；右边的阴影部分表示在相同时间间隔内，行星距离太阳较远时所扫过的面积。开普勒发现，尽管这两个区域的形状不同，但是面积相同。

当行星远离太阳的时候，在相同时间间隔内，只能扫过椭圆上很短的一段弧线。于是当行星距离太阳较远的时候，扫过的范围就会比较狭长。开普勒断言，在相同的时间间隔内，行星扫过的这两部分的面积是相同的。

(3) 各个行星绕太阳公转周期的平方和它们的椭圆轨道的半长轴的立方成正比。

$T^2/L^3= K$，其中 T 是行星围绕太阳公转的周期或时间，L 是行星与太阳的距离，K 是常数。

在第一定律和第二定律面世很多年之后，开普勒才在《宇宙和谐论》中提出了第三定律。

开普勒在第三定律中通过精确的数学关系，证明了为什么神的信使水星会飞速绕太阳运动，而木星和土星则多有神的威严感，慢慢绕着太阳转。在围绕太阳运行时，距离太阳远的行星比距离太阳近的行星运行速度慢，开普勒找到了可以解释这一现象的数学关系。

牛顿三大定律

(1) 惯性

任何物体在受到会改变其运动状态的外力之前，都会保持匀速直线运动或静止状态。

亚里士多德认为，一个物体只有受到外力的作用才能够保持运动状态；如果没有外力的作用，物体只能保持静止。牛顿第一定律

反驳了这一观点。

牛顿用他的惯性定律表明，无论一个物体的初始状态是静止还是匀速直线运动，它都不能自己改变自己的状态。物体之所以能够停下来，是因为受到了摩擦力的作用；换言之，摩擦力即阻碍物体相对运动的力。

(2) 加速度

物体的加速度与施加的合外力成正比。

牛顿第二定律告诉我们，当对一个物体施加外力的时候，它就会加速运动。可以得出以下数学关系：

$$F = m \cdot a$$

其中 F 是外力，m 是质量，a 是加速度。

(3) 作用力与反作用力

相互作用的两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。

该定律的关键点之一是，两个物体间的作用力具有即时性，与分开它们的空间无关。这意味着相互作用力的速度是无限大的，也是让爱因斯坦再三斟酌的问题之一。

参考文献

Aristóteles, Libro II, capítulo 4. *La esfericidad del universo*.

—, *Libro Duodécimo, Metafísica*.

第 2 章

参考文献

Bucay Jorge, *Recuentos para Demián*, RBA.

Kuhn, Thomas, *La estructura de las revoluciones científicas*, International Encyclopedia of Unified Science.

Stephenson, G. R., Cultural acquisition of a specific learned response among rhesus monkeys, en D. Starek, R. Schneider, R. y H. J. Kuhn, eds., *Progress in Primatology*, Fischer.

第 3 章

普朗克常数

这个物理常数记为 h，是马克斯·普朗克在 1900 年研究黑体辐射定律时发现的。传统观点认为，我们的世界是“连续”的，但是这个常数却表现出了这个世界是量子的、离散的。普朗克常数数值非常小（$h = 6626 \times 10^{-34}$ J· s），在宏观世界中无法被察觉，我们也不可能看到那些小小的“不可再分的能量份”[1]。

黑体

一个存在于理论中的物体，能够吸收外来的全部电磁辐射。这一概念在 1862 年由基尔霍夫提出并引入热力学内。

电磁力

这一基本作用力是电力和磁力的结合，起到联合原子和分子的作用。此外，它还是电和磁的根本，光、X 射线、微波和无线电波的基础。光子是传递电磁力的玻色子。

---

① 只有假定电磁波的发射和吸收不是连续的，而是一份一份进行的，计算的结果才能和试验结果相符。这样的一份能量叫作能量子，每一份能量子等于普朗克常数乘以辐射电磁波的频率。——译者注

引力

这一基本作用力能使具有质量的物体相互吸引。正是有了引力，我们才能够感受到重量，稳稳站在地面上；也是有了引力，太阳系的行星才能围绕着太阳运转。艾萨克·牛顿在《自然哲学的数学原理》中发表了万有引力定律。

强核力

是将质子和中子中的夸克结合在一起的力，也间接使原子核结合在一起。胶子是传递强核力的玻色子。

弱核力

负责粒子之间的转化。正是有了这种作用力，中子才有可能衰变为质子，并辐射出能量。W 玻色子和 Z 玻色子是负责传递弱核力的基本粒子。

夸克

夸克和轻子是组成所有物质的基本粒子，也是人类目前为止发现的最小粒子，共有三代、六种夸克。第一代是上夸克和下夸克，第二代是奇夸克和粲夸克，第三代是顶夸克和底夸克。每一个夸克都有对应的反夸克。中子由一个上夸克和两个下夸克组成，质子由两个上夸克和一个下夸克组成。默里·盖尔曼在 1964 年提出夸克的概念，并由于发现基本粒子在 1969 年获得诺贝尔物理学奖。斯坦福线性加速器中心在 1967 年和 1973 年间通过实验检测到了夸克。

量子真空

在量子世界中，真空并不是我们想象中空了的饼干盒子（就是即便我们很饿，也不能凭空变出饼干）。量子世界的真空中仍然有粒子存在，但它们总是迅速出现，又迅速消失（速度快到即使饼干盒子里出现饼干，我们也来不及吃）。

黑体辐射和紫外灾难

可见光只是电磁波中的一种。肉眼可以分辨的是可见光谱上从紫色到红色的区域。

不同颜色光的波长也不同。450 纳米（百万分之一米）对应紫色光，700 纳米对应红色光。

其他电磁波都是不可见光，无论是波长比红光长的（比如无线电波、微波、红外线），还是波长比紫光短的（比如紫外线、X 射线、伽马射线）。

当我们仰望星空时，可以看到有的星星偏蓝、有的星星偏红，颜色不尽相同。实际上，颜色偏蓝的星星比颜色偏红的温度高。那么，星星的颜色和温度之间究竟存在着怎样的关系呢？

发热的物体会有电磁辐射，而温度与辐射波长之间存在某种关系：波长越短，温度越高。实际上，偏蓝色星星的辐射波长比偏红的短，因此可以推出偏蓝的星星温度更高。

太阳的表面温度是 6000℃，这个温度造成了太阳辐射的波长为 500 纳米。而该波长又正好在可见光范围内，所以从这个角度看，可见光的波长是这个数值绝非偶然。植物和其他生物的可见光波长范围也与太阳的辐射有关。如果太阳的温度冷却一半，那么它的辐射波长就会是现在的两倍。这种情况下，我们就什么都看不见了，植物也会因为不能吸收太阳辐射而无法生存。人类在地球上的进化与量子物理法则密切相关。

为了研究物体本身的特性及其温度与辐射波谱之间的关系，19 世纪的物理学家们利用麦克斯韦方程组定义了黑体辐射。

然而，这项研究带来的却是紫外灾难。根据这一理论，物体辐射的波长越短，释放的能量就越大，但这违背了所有日常经验。假

如上述理论成立，我们可能根本就看不见炭火燃烧，因为在燃烧的一瞬间，释放的能量就足以将我们烧焦。

紫外灾难引出了一个严重的问题，发展到这一阶段的物理学已经说明不了哪怕最简单的情况。于是我们不得不等待马克斯·普朗克的到来，等待他将“能量份”引入到电磁辐射理论的研究中来。

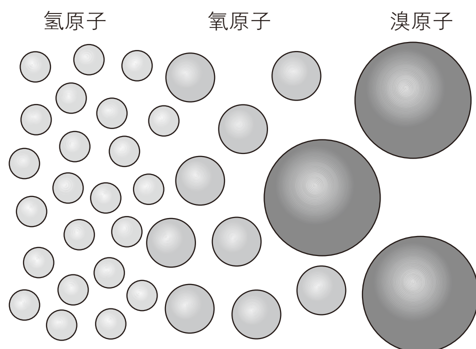
原子的类型

公元前 5 世纪至公元前 4 世纪，德谟克利特、留基伯和伊壁鸠鲁将原子作为哲学概念提出，并引起了广泛的研究兴趣。

在希腊语中，“原子”的意思是“不可再分之物”[①]。对于古代的思想家来说，原子是组成一切事物的终极的、不可再分的元素。

下面来看一下，随着时间的推移，人们对于原子的认识有什么变化。

道尔顿原子模型：寻找最小粒子



这是第一次从科学的角度提出原子是终极的、不可再分的粒子。

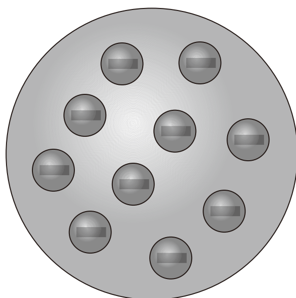
---

① 原子传入中国最早的译名是“莫破尘”。——译者注

1808 年，约翰 · 道尔顿提出了这种圆形、不可再分、不会被破坏的微粒的存在，它们应当存在于每一种化学元素中。

汤姆森原子模型：葡萄干布丁模型

1897 年，约瑟夫 · 汤姆森发现了电子，这是一种存在于原子中、带有负电荷的粒子。科学家们认为，一直被认为是不可再分的原子，其实是由一部分正电荷和一部分负电荷组成的。

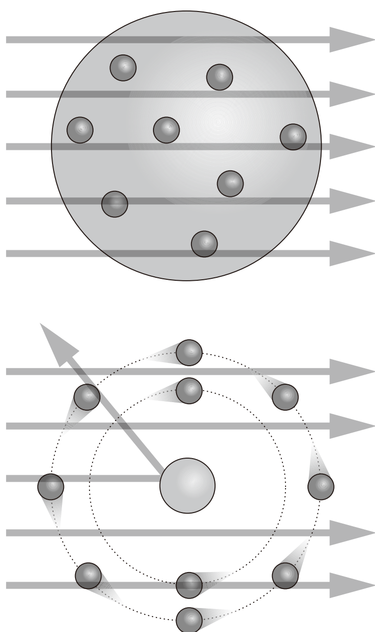


汤姆森提出，在新模型中，带有负电荷的电子分布在原子中，就像一块葡萄干布丁一样。

卢瑟福原子模型："空"为主角

1911 年，欧内斯特 · 卢瑟福通过实验提出了一个今天看来都十分不可思议的观点：原子基本上是空的。

卢瑟福用阿尔法粒子（原子核不带电子，由两个质子和两个中子组成）对金薄片进行照射。他发现当粒子接触到金薄片的时候，只有少数发生了散射，其余电子均穿过薄片。



实验得出结论：根据葡萄干布丁原理，原子不可能基本上为空的。

根据卢瑟福原子模型，原子是由原子核和微小的电子组成的。

原子核位于原子中心，非常小，带有正电荷，几乎集中了原子的全部质量；电子带负电荷，几乎没有质量，与原子核的体积相比，电子处在一个广袤的区域。

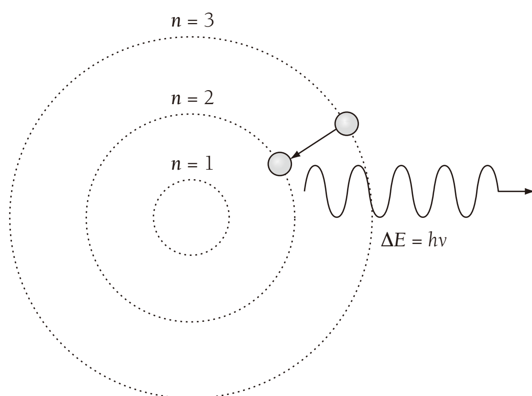
卢瑟福原子模型还指出，这些电子绕着原子核运动，就像太阳系中的行星绕着太阳运动一样。

玻尔原子模型：原子的量子化

1913 年，尼尔斯 · 玻尔将卢瑟福原子模型与当时刚刚问世的科学分支——量子物理学联系在了一起。

卢瑟福模型依然有一个未解之谜。根据这个模型，电子绕着原

子核做圆周运动，就像行星围绕太阳运动一样。但是行星和电子有着很大的区别——电子带电。这个微小的差别标示着巨大的不同：电荷在运动中会丧失能量。如果电子在围绕原子核运动的过程中有能量损失，那么电子会发生塌缩，最终沿着螺旋形轨迹冲向原子核并被它撞碎。

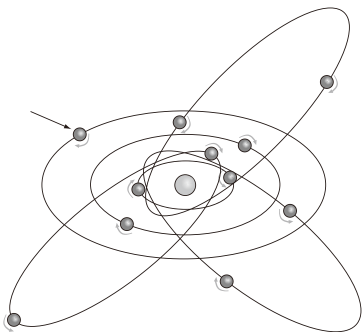


玻尔利用普朗克早年提出的量子假说，解决了卢瑟福原子结构存在的稳定性方面的困难。在玻尔改进的新模型中，电子只能够在特定的轨道上运行，轨道是由电子的能量级决定的。这些稳定的轨道可以用整数（n = 1、2、3，以此类推）来命名。电子可以从一个轨道“跃迁”到另一个轨道，这时才辐射或吸收能量。但是，它们只能存在于这些轨道之上，其他空的地方都是禁区。

索末菲模型：轨道变成椭圆形

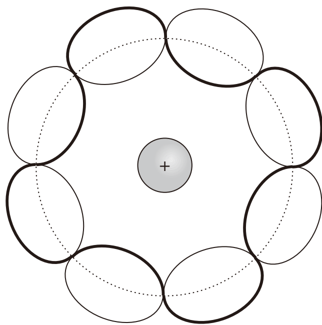
开普勒引入了“行星运动轨道是椭圆的”这一观点，索末菲完善了玻尔的原子模型，提出了电子运行轨道既可以是正圆，也可以

是椭圆。电子运行轨道的形状由离心率决定，而离心率由角量子数[1]决定。角量子数通常写作“l”，可取 0（圆形轨道）、1、2 或者其他数值。



在意识到亚原子粒子的运行速度接近光速之后，索末菲还将相对论修改并引入到对自己模型的描述中。

薛定谔原子模型：波之舞



① 电子绕核运动时，不仅有一定的能量，也有一定的角动量。角量子数决定电子空间运动的角动量以及原子轨道或电子云的形状，在多电子原子中与主量子数 n 共同决定电子能量高低。——译者注

埃尔温·薛定谔改变了电子运行轨道的概念。他认为电子不是小小的粒子，还可以被看作波，通过它的振动模式可以确定原子的能量级。后来，马克斯·玻恩用薛定谔波的理论解释了电子存在于原子内部特定区域的可能性。

参考文献

Jou, David, *Introducción al mundo cuántico: de la danza de las partículas a las semillas de galaxia*, Pasado y Presente.

Navarro, Luis, *Einstein, Profeta y hereje*, Tusquets.

Rovira, Álex, y Miralles, Francesc, *La* última *respuesta*, Plaza & Janés.

第 4 章

光电效应

1902 年，物理学家菲利普·莱纳德精确测量了 10 年前海因里希·赫兹观察到的现象，并得出结果：金属薄板被照亮的时候，电子会从金属表面“逸出”。

根据经典物理学理论，光是一种波，于是就可以得到如下解释：光波与金属的电子相撞，就像海浪冲刷沙滩一样。海浪越汹涌，冲击力就越大，海浪传递的能量也就越多，于是更多的沙子会被冲走。光也是一样的道理：光越强（越亮），就会有越多的电子从金属表面逸出。



但是莱纳德的测量结果却与此大相径庭。照射在金属板上的光变强时，逸出的电子数量确实会增多，但逸出时流失的能量却与此无关。即使是一束微弱的光照射在金属板上，也会有电子逸出的现象发生。

后来的实验还证明了一个特殊的情况：如果光的频率足够低[①]，不论怎么增加光的强度和亮度，都不会有电子从金属板逸出。

爱因斯坦提出假设，认为光是由叫光子的微粒组成的。这一假设可以解释光电效应。

爱因斯坦构想了金属板上的一个电子如何吸收一个光子，并传递给它足够的能量让它最终逸出金属板的过程。如果用更强的光照射金属板，光子数将增加，因此有更多的电子逸出金属板。

根据普朗克定律，光束的频率越高，光子的能量越大。一束频率极低的光是由能量极小的光子组成的，这些光子没有足够的“力气”使电子从金属板逸出。这就好比我们试图用一个玻璃弹球来撼

① 不同频率的可见光在我们眼中呈现不同颜色。频率最高的可见光是红色光，比红色光频率更高的常见光是红外线和微波，但肉眼看不到；频率最低的可见光是紫色光，比紫色光频率更低的有紫外线和X射线，肉眼也看不到。

动一辆越野车。增加光的强度只会让我们有更多的越野车和玻璃弹珠，但扔玻璃球撼动越野车这件事本身是绝对不可能的。[①]

第 5 章

量子隧穿效应

粒子同时具有粒子和波的特性的好处之一，就是能够发生隧穿现象。正是这一特性使粒子可以穿过障碍物和墙壁。

量子隐形传送

是科幻片让我们对隐形传送的概念不那么陌生。利用量子隐形传送，一个位于 A 地点的物体可以不经过任何中间渠道，直接出现在 B 地点。这里还涉及量子纠缠理论。

海森堡不确定原理

这个原理主要讲的是，我们无法同时知道粒子的位置（它们的准确位置）和速度，至少无法精确地知道这些信息。这带来了一个奇怪的结果：如果一个粒子处于静止状态（也就是速度为零），它所占的空间就是不确定的（它可能位于任何地方）。粒子的位置和速度这两个量中的一个越确定，另一个就越不确定。这样的不确定性原理也适用于能量与时间。正因如此，才能从无到有创造物质，尽管持续的时间很短。

① 现如今，强度极强的光（远比爱因斯坦时代能想象到的强度大得多）能使一个电子吸收两个光子。尽管这两个光子中的任何一个都没有足够的能量能够让电子从金属板逸出，但如果联手，倒是能成功。

薛定谔的猫

谁敢跟我提起薛定谔那只该死的猫，我就去拿枪！

——斯蒂芬·霍金

量子理论非常实用。目前，通过这一理论得出的结果是最精确的，而且也为我们带来了科技的进步。但在解读量子理论的途中，我们遇到了难题。在被观察之前，微小的粒子不存在于任何地方。海森堡认为，这些微小粒子不是实实在在的粒子，而是“势能”。

这不由让人产生疑问：我们看到的物体，如桌子、汽车等，它们都是由粒子构成的，那这些物体就不是“实实在在”的吗？

哥本哈根诠释是这样解释这个问题的：既然量子世界里的古怪现象不会发生在“大”物体上，那就完全没必要担心一张桌子究竟是不是真实的。

但薛定谔对哥本哈根诠释并不满意。他认为，否定一个粒子的事实就是否定一把粒子的事实。而无论是沙发椅还是人类本身，都是由这些粒子构成的。

为了否定这种非决定论的解释，薛定谔设计了一个实验：薛定谔的猫，相关文章于 1935 年发表在《自然》杂志上。

在这项思想实验中，薛定谔将一只猫放在一个不透明盒子里。盒里有一个装有毒物的小瓶子，瓶身与一个能使毒物外泄的装置相连。这个装置是由一个粒子控制的（比如原子核），也就是说，放射性粒子的衰变可能会激活装置。

显然，这些由量子控制的过程都是不确定的。只要没有被观察，粒子就处于衰变和未衰变的叠加态，那么装置就处于激活和未激活

的叠加态，因此毒气也处于释放和未释放的叠加态。于是，只要没有被观察，盒子里的猫就既死又活。

薛定谔试图通过这个实验来展示他眼中既古怪又荒诞的量子力学。

为什么实验中的猫是“既死又活”而不是“或死或活”，对于这一问题的解释已经基本上形成了固定模式，但科学界依然有不少反对这一理论的声音（比如本章最开始引用的，霍金想用枪解决这个问题的玩笑）。宏观物体叠加态塌缩的原因可以用量子退相干来解释，因为宏观物体也不是完全孤立存在的，它们与世界紧密相连，相互“纠缠”。对于很多研究者而言，观察量子其实就是与量子的纠缠。

参考文献

Fernández-Vidal, Sonia, *La puerta de los tres cerrojos*, La Galera.

第 6 章

量子芝诺效应

为了证明量子芝诺效应，美国科罗拉多州国家标准技术研究所的一组研究人员做了一个实验。

研究人员选取了一些离子[①]，并将它们置于某能级之中。离子有其相应的能级，比如一个有两个台阶的领奖台，第一级台阶代表高能级，第二级台阶就代表低能级。

离子在高低能级之间跃迁的时候，会吸收或释放光（光子）。

这个实验先将几千个离子置于光源下（这次使用的是微波）。经观察发现，256 毫秒之后所有离子均位于第一级台阶上。

① 指原子或原子基团失去或得到一个或几个电子而形成的带电荷的粒子。

实验刚开始的时候，所有离子均位于第二级台阶的可能性是100%，但在256毫秒之后，所有离子位于第一级台阶的可能性成为100%。我们只是认为，在实验过程当中，离子位于第二级台阶的可能性在减小，而位于第一级台阶的可能性在增大。

这一实验结果让国家标准技术研究所的研究人员再次投入实验，他们决定先在128毫秒时观察一次离子的情况，然后在256毫秒时再观察一次（此时离子应当全部位于第一级台阶）。但这次的实验结果却出乎意料：256毫秒之后，只有50%的离子成功登上了第一级台阶。

是什么阻止了其他离子登上第一级台阶？

量子芝诺效应给出了这样的解释。实验中期观察和测量的时候，很多离子都处在登上第一级台阶的“路上”。这时，它们就必须要选择（想想双缝实验：选择左侧缝隙或者右侧缝隙），于是那些距离第二级台阶近的离子便选择了这一级。第一次观察和测量后，离子越级就要重新开始，所以在第二次观察和测量的时候，也就是256毫秒时，只有50%的离子登上了第一级台阶。

面对这样的结果，研究人员又在实验过程中增加了更细致和频繁的观察和测量。多次实验后发现，实验过程中观察和测量越频繁，最终位于第一级台阶上的离子就越少，完全符合量子芝诺效应。

实验结果表明，只要多次测量，就可以“冻结”量子体系的变化，使其保持在我们想要的状态。

参考文献

Capra, F., *El tao de la física*, Sirio.

Krishnamurti, J., y Bohm, D., *Verdad y realidad*, Kairós.

Orzel, Chad, *Conversaciones de física con mi perro*, Planeta.

Wilber, Ken, *Cuestiones cuánticas*, Kairós.

第 7 章

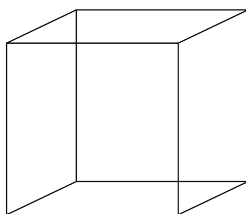
量子涨落

经典物理学认为，如果一个系统处于孤立环境，能量可以以不同形式存在且能够改变形式，但总能量保持不变。在量子世界中，不确定性原理允许在纯粹空间中随机产生少许能量，前提是该能量能在短时间内迅速消失。虚粒子就是由于量子涨落现象产生的，它借取的能量足够让自身带有质量，但持续的时间很短。这种被借取的能量就是量子涨落。

量子纠缠和叠加态

让我们用一个游戏来更好地了解量子纠缠和叠加态吧。

下面是个二维的正方体，大家对此一定都不陌生。



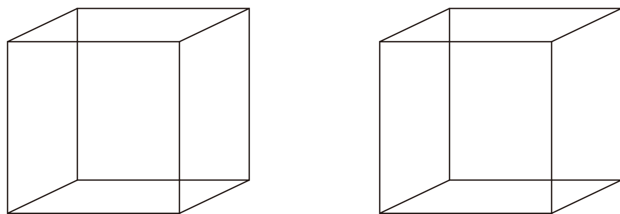
但这幅图有其特殊之处：尝试将这幅图想象成三维空间图，你会发现正方体的正面既可以是左边的方块，也可以是右边的方块，两种视角均正确。我们对正方体的认知会发生变化，但却不能同时

将左右两边的方块当作正面。

现在请用手将正方体图案盖上，并回答：哪个面是正方体的正面？没有看图，也就没有塌缩，便无法回答这个问题。此时的正方体是处于叠加态的，左右两边的方块均同时为正方体的正面和反面。

当然，这个例子当中的叠加态不是量子级别的，但却能很好地帮助我们理解量子叠加。

下面我们来用一个更复杂的游戏理解量子纠缠。



先来画两个和之前一样的正方体。通过观察它们，可以得到一样的效果。但是，如果默认第一个正方体的正面是左边的方块，那么第二个正方体的正面也自动变成了左边的方块；反之，如果默认第一个正方体的正面是右边的方块，那么第二个正方体的正面也自动变成了右边的方块。二者相互纠缠。但如果用手遮挡这两个图形，我们便无法再次做出判断。

现在将这页纸撕成两半，每半上各有一个正方体，我们将其中一个寄给远方的朋友。如果这两个图形处于量子纠缠态，那么每次我们看到这个图、说出哪个方块是正面的时候，远方的朋友也会与我们有一样的想法。这就是完美的相应关系，量子纠缠就是这样的道理。

第 8 章

参考文献

De Bono, E., *Seis sombreros para pensar*, Paidós.

第 9 章

量子隐形传送

量子隐形传送的步骤如下所示。

爱丽丝想要将一个物体（实际应该是几个原子，但为了举例方便，依然使用“物体”这个词）从地球传送到南二门阿尔法空间站，她的朋友鲍勃在那里。

爱丽丝和鲍勃共有两个爱波罗粒子[①],或者说处于纠缠态的粒子，他们各执一个。每一个爱波罗粒子都和爱丽丝想要传送的物体质量相等。

爱丽丝将想要传送的粒子和她持有的爱波罗粒子一同置于测量仪器中进行测量，这也就是我们所说的“联合测量”。此时，量子物理学法则施展了它的“魔力”：在两颗粒子同时被测量的时候，它们也被改变了。由于两颗爱波罗粒子处于纠缠态，当爱丽丝的爱波罗粒子发生改变之后，鲍勃手中的爱波罗粒子也会由于“神奇的超距作用”[②] 而发生变化。

---

① 详情请参见弗兰塞斯克的噩梦。

② 分别处于空间两个不毗连区域的两个物体彼此之间的非局域相互作用。——译者注

爱丽丝将测量结果通过普通渠道传给鲍勃，比如通过网络或者电话（这是很重要的一步，因为遵守了爱因斯坦定律：任何信息传送的速度都无法超过光速）。

鲍勃接到爱丽丝传来的测量结果之后，就可以将自己的爱波罗粒子进行相应的变换处理，使它成为爱丽丝本来想要传送的物体。

参考文献

Adams, Douglas, *Guía del autoestopista galáctico*, Anagrama.

Asimov, Isaac, *Viaje alucinante*, Parramón.

Clarke, A. C., *2001: una odisea del espacio*, Debolsillo.

Kaku, Michio, *La física del futuro*, Debate.

Rowling, J. K., *Harry Potter*, Salamandra.

Saint-Exupéry, Antoine de, *El Principito*, Emecé.

Verne, Julio, *De la Tierra a la Luna*, Alianza.

第 10 章

三代标准模型

目前已知的标准模型有三代。第一代是组成我们身边一切物质的基本单元：上夸克、下夸克，以及电子、电子中微子。其中，上、下夸克组成了原子的质子和中子。第二代是粲夸克和奇夸克，以及渺子和渺子中微子。第三代是顶夸克和底夸克，以及陶子和陶子中微子。

按照标准模型的结构，每一代粒子都比下一代粒子的质量轻，

其他特性都是一致的。质量大的粒子可以衰变为质量小的。也正是这个原因，我们周围的绝大多数物质都是由第一代粒子构成的，但我们还不知道为什么自然界会正好有三代基本粒子。

参考文献

Bryson, Bill, *Una breve historia de casi todo*, RBA.

Fernández-Vidal, Sonia, *Quantic Love*, Luna Roja.

第 11 章

质量与重量

质量和重量是两个不同的物理学概念。

质量指的是构成物体的物质的量。所有物体均由物质构成。以乒乓球和高尔夫球这两种体积大致相同的球类为例，乒乓球比高尔夫球所含物质少（密度低），因此我们说乒乓球比高尔夫球的质量小。一个相扑运动员比一个三个月的小孩质量大，因此他的体积也更大。

于是我们可以得出质量、体积和密度间的数学关系：

$$M = v \cdot \rho$$

其中 M 代表质量，v 代表体积，ρ 代表密度。

重量是引力赋予物体的力。由于地球的重力场比月球的大，所以我们在月球上的重量就会比在地球上的重量轻，但质量却没有发生变化。

质量的单位是千克，而由于重量是一种力，因此它的单位是牛

顿。但是在日常生活中，我们已经习惯了不严谨的表达，所以会将“我的质量是 50 千克”错误说成“我的重量是 50 千克”。

参考文献

Lederman, Leon, y Teresi, Dick, *La partícula divina: Si el universo es la respuesta,¿cuál es la pregunta?*, Crítica

第 12 章

参考文献

Abbott, Edwin A., *Planilandia. Una novela de muchas dimensiones*, Olañeta.

Greene, Brian, *El universo elegante*, Planeta.

致谢

感谢本书原子级别的编辑 David Trias、Alberto Marcos 和 Laura Álvarez，感谢企鹅兰登书屋极其出色的校对们。

感谢 Sandra Bruna 及其团队帮助我们更快地实现了梦想。

感谢宇宙和平行宇宙的插图作者 Marisa Martínez。

感谢超级媒体联系人 Chituca，是你让这本书走进大众视野。

感谢新闻专业团队，你们是传播科学之美的英雄。

感谢 Ignasi Lausín 为本书命名，并提供了宝贵意见。

感谢 Iolanda Batallé，你就是我们的“宇宙大爆炸”。

感谢 David Bueno、David Jou 和 Lluís Torner，你们设计的对话总是那么生动。

感谢 Nogales 一家，谢谢你们精美的设计。

感谢 Alberto、Katinka、Niko、Jose、Irene 和 Núria，我们亲如一家人。

感谢亲爱的读者们，感谢你们接受量子早餐的挑战。



微信连接



回复“科普”“物理”查看相关图书



微博连接

关注 @图灵教育每日分享IT好书

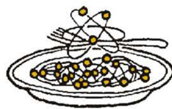


QQ连接

图灵读者官方群Ⅰ：218139230
图灵读者官方群Ⅱ：164939616
图灵新知读者群：391090216

图灵社区
iTuring.cn

在线出版，电子书，《码农》杂志，图灵访谈



一份早餐邀请！
快来开启一段激动人心的旅程，
通过量子物理探索心灵深处和生命起源。

量子理论是美丽而神奇的。其中的规则大胆、疯狂、违反直觉，不能以日常生活经验去理喻。来到量子世界，我们已有的信念会遭受冲击和颠覆。两位作者邀请我们进入早餐盛筵，席间还有牛顿、爱因斯坦、海森堡等鼎鼎大名的物理学家，可谓星光闪耀。在松饼、面包、咖啡和橙汁的陪伴下，觥筹交错之间，我们走上了迷人而发人深省的旅程，乐而忘返。宇宙的起源是什么？粒子加速器是怎样的？事情怎么可能在两个地方和时间同时发生？存在到底是什么，它究竟是一种什么样的存在？

“我是学物理的，在高中教数学，一直试图在相对论和量子力学中有所收获。这本书使我确信，在不使用数学公式的情况下依然可以教授大量现代物理学知识。因此，感兴趣的读者可以轻松阅读本书，而且不必担心会遇到张量、微分方程等艰深内容。”

“每个科学工作者都应该阅读本书。量子力学既是当前科学领域中的重要组成部分，也是前沿科学之一！这本书也非常适合没有相关基础知识的人阅读，因为书中的描述轻松有趣，一定能够引起人们的兴趣。”

“很长一段时间内，我都在大量阅读量子物理学著作，但是复杂的数学公式和理论让我在翻开书5分钟后就放弃了。本书以一种有趣的方式描述量子物理，并列举了丰富的例子。我推荐那些不了解量子物理却依然对之很好奇的人阅读。”

“我非常喜欢这本书，它适合各个水平的读者。那些想要深入研究量子世界的人读完本书后，会感觉意犹未尽。”

——亚马逊精选评论

图灵社区：iTuring.cn
反馈/投稿/推荐邮箱：contact@turingbook.com
读者热线：(010) 51095186-600
分类建议 科普/物理/量子力学
人民邮电出版社网址：www.ptpress.com.cn



ISBN 978-7-115-49903-5
定价：49.00元

看完了

如果您对本书内容有疑问，可发邮件至 contact@turingbook.com，会有编辑或作译者协助答疑。也可访问图灵社区，参与本书讨论。

如果是有关电子书的建议或问题，请联系专用客服邮箱：ebook@turingbook.com。

在这可以找到我们：

微博 @图灵教育：好书、活动每日播报
微博 @图灵社区：电子书和好文章的消息
微博 @图灵新知：图灵教育的科普小组
微信 图灵访谈：ituring_interview，讲述码农精彩人生
微信 图灵教育：turingbooks